X X CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL



SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

EDITADO POR

EDUARDO J. GUZMÁN

TOMO IV

AMERICA DEL SUR Y ANTILLAS

MÉXICO
1956

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

TOMO IV

AMERICA DEL SUR Y ANTILLAS

XX CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL



SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

EDITADO POR

EDUARDO J. GUZMÁN

TOMO IV

AMERICA DEL SUR Y ANTILLAS

MÉXICO
1956

Impreso en los talleres de la Editorial Stylo, Durango 290, México, D. F.

SYMPOSIUM DE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS

CONTENIDO

TOMO IV

AMERICA DEL SUR Y ANTILLAS

BOLIVIA

BRASIL

ECUADOR

PERU

REPUBLICA DOMINICANA

VENEZUELA

Tomo I. AFRICA

Tomo II. ASIA Y OCEANIA

Tomo III. AMERICA DEL NORTE

Tomo V. EUROPA

AMERICA DEL SUR

BOLIVIA

YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS EN BOLIVIA

Por el Dr. ENRIQUE T. MAURI.

RESUMEN DE LA MEMORIA

El territorio de la República de Bolivia ha sido dividido en cuatro Distritos o provincias petroleras, pero no en todos ellos se ha desarrollado la industria con la misma intensidad.

El Distrito Sur de Exploración que se encuentra al SE de Bolivia y dentro de la Cuenca Subandina es el mejor conocido geológicamente. En él se ha realizado casi la totalidad de los trabajos de exploración, primero mediante compañías privadas y luego por intermedio de la empresa del Estado. Dentro de su área se han descubierto cuatro yacimientos que se encuentran actualmente (Dic. 1955) en pleno desarrollo. Además se han perforado pozos productores en cuatro estructuras más que todavía no han sido desarrolladas.

La producción acumulada total es de 11.511.966 barriles y las reservas comprobadas de unos 80,000,000 de barriles.

En general puede decirse que cada hectárea de yacimiento tipo Yacimiento Camiri contiene una reserva recuperable de 60.000 a 70.000 barriles.

Los otros tres Distritos presentan atractivas posibilidades petrolíferas, pero por diversos motivos no se han estudiado todavía suficientemente como para ofrecer una información completa de los mismos.

En el corriente año el Gobierno de Bolivia ha abierto sus puertas al capital extranjero para incrementar la industria petrolera.

DESCRIPCION GEOLOGICA (estratigráfica y estructural) DE CADA PROVINCIA (Planos y secciones).

Por el Dr. ENRIQUE T. MAURI.

En el año 1947, L. G. Weeks publicó un importante trabajo [1] sobre la paleo-geografía de Sud América, en uno de cuyos mapas muestra, en rasgos generales, la situación de las principales cuencas de sedi-

[1] WEEKS, L. G. A.A.P.G. Vol. 31, No. 7, (July, 1947), pp. 1194-1241, 17 Figs. Ver también mapa mismo volumen y No., pp. 1146-1147.

mentación. (fig. A). En ese mapa se puede observar que, en este sentido, Bolivia ha sido ampliamente favorecida, ya que su territorio está cruzado de SE a NO por dos fajas bastante anchas que indican sendas cuencas de sedimentación, dentro de las que se han estado depositando sedimentos, con algunas interrupciones, desde, por lo menos, el Paleozoico inferior hasta el final del Terciario. Para su diferenciación llamaremos a la más oriental "Cuenca Subandina" y a la occidental "Cuenca de Copacabana".

Como puede verse en el mapa de Weeks, la Cuenca Subandina ocupa gran parte del área central de Bolivia, siendo solamente un sector de la gran cuenca que se extiende desde las nacientes del Río Amazonas hasta el Río de La Plata.

La Cuenca de Copacabana tiene contornos cerrados, extendiéndose entre los paralelos de 13° y 21° de latitud Sur.

De la publicación del Sr. Weeks se desprende que no siempre los procesos sedimentarios se han limitado a las áreas mencionadas, sino en ciertos lapsos aquéllos han rebasado ampliamente los límites señalados y que en otros, por el contrario, se han visto desplazados hacia áreas más o menos cercanas o se han interrumpido completamente.

De acuerdo con nuestros conocimientos actuales, la Cuenca Subandina se presenta como la de mayores posibilidades petroleras y de ella proviene la gran mayoría de las manifestaciones superficiales de petróleo y la producción actual de hidrocarburos en Bolivia.

Desde un punto de vista general y refiriéndonos exclusivamente a las rocas sedimentarias, podemos decir que en Bolivia se encuentran representados grupos que varían en su edad desde el Pre-Cámbrico hasta el Cuartario, incluyendo el Cámbrico, Ordovícico, Gotlándico, Devónico, Carbonífero, Pérmico, Cretácico y Terciario. Algunos autores han sugerido la presencia de Triásico y Jurásico, asignando tales edades a sedimentos que en la actualidad, otros investigadores, refieren con algunas dudas al Cretácico y Terciario.

La Cuenca Subandina, de unos 1200 km de largo por unos 300 km. de ancho, ha sido subdividida por Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, la entidad petrolera del Estado, en tres Distritos de exploración o Provincias Petroleras, a saber: Distrito Norte, Central y Sur. Por otra parte, el resto del territorio nacional, al Oeste de la Cuenca Subandina, se encuentra bajo la jurisdicción del Distrito del Altiplano, dentro del cual se encuentra la Cuenca de Copacabana.

MAPA DE BOLIVIA

ESCALA 1:6.000.000



ESTADOS UNIDOS DEL BRASIL

COBIJA

DISTRITO NORTE

TRINIDAD

DISTRITO CENTRAL

LA PAZ

COCHABAMBA

STA. CRUZ

SUCRE

DISTRITO SUR

POTOSI

ALTIPLANO

TARIJA

CHILE

PARAGUAY

ARGENTINA

OCEANO PACIFICO

ANTOFAGASTA

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS PROVINCIAS PETROLERAS

Esta subdivisión ha sido adoptada para facilitar el desarrollo completo de la industria petrolera nacional y porque, además, las condiciones geológico-petroleras y económicas son diferentes en cada una de ellas. A este respecto conviene destacar que aun dentro de la Cuenca Subandina, donde los procesos sedimentarios han sido en general comunes para toda ella, los cambios de facies son de tal importancia que hacen variar notablemente las características de las pilas sedimentarias en las diferentes localidades. Por otra parte, la magnitud de algunas discordancias complican aún más el cuadro estratigráfico y dificultan las correlaciones a grandes distancias.

Desde el punto de vista estructural, la zona del Altiplano Boliviano se caracteriza por presentar una tectónica de grandes bloques limitados por fallas de carácter regional de rumbo NNO-SSE. Estas fallas inclinan tanto al Este como al Oeste, con buzamientos fuertes, aunque en algunos casos pueden encontrarse fallas del tipo de sobre-escurrimientos de bajo ángulo.

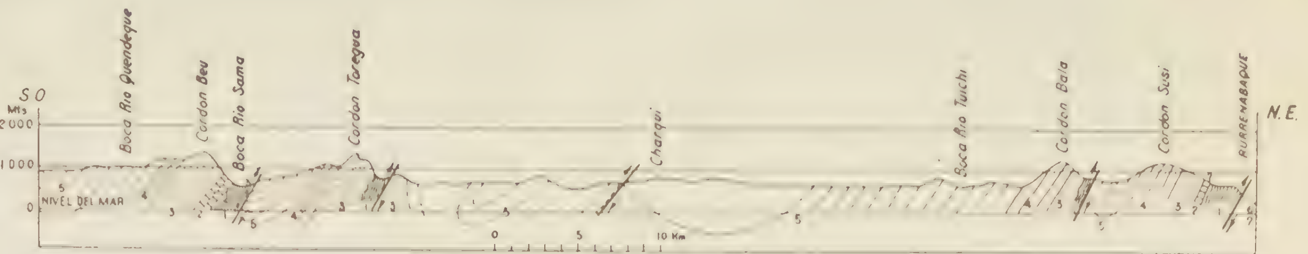
La faja subandina, en cambio, se caracteriza por presentar una tectónica de tipo imbricado, motivada por numerosas e importantes fallas de sobre-escurrimiento inclinadas al Oeste, que dejan entre sí numerosas fajas de anticlinales y sinclinales bastante comprimidos.

Por diferentes motivos relacionados con la industria petrolera, la parte más estudiada del territorio boliviano desde el punto de vista geológico-regional es la comprendida en el Distrito Sur de Exploración, dentro de la Cuenca Subandina, en la cual se encuentran todos los yacimientos de petróleo en explotación. El resto del país ha sido estudiado esporádicamente, con simples reconocimientos o como en el caso del Altiplano, por trabajos de carácter más o menos local, relacionados con la industria minera, principalmente la del estaño.

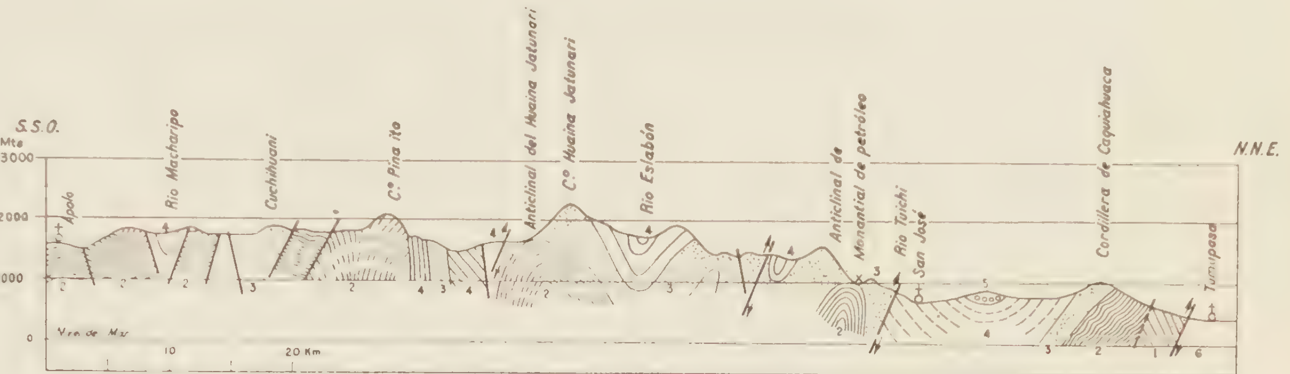
A continuación daremos una descripción general de las características geológicas de cada uno de los Distritos de Exploración o Provincias petroleras, destacando la colaboración del Dr. Eduardo L. Padula, Jefe del Distrito Sur de Exploración, quien ha preparado la parte correspondiente a su sector.

a) *Distrito Norte de Exploración* (Zona de Caupolicán).—(Adj. 1).

La zona de interés petrolero que llamamos de Caupolicán, no sólo abarca parte de esa provincia, perteneciente al Departamento de La



Perfil a lo largo del Rio Beni del Rio Quendeque a Rurrenabaque (combinado de los perfiles de Harrington, Schlagintweit y Canedo Reyes) 1, Devónico, 2, Carbonífero superior, 3, Areniscas Beu, 4, Areniscas Bala, 5, Arcillas Quendeque y Terciario Subandino, 6, Aluviones del Beni



Perfil de Apolo a Tumupasa (según Canedo Reyes). 1, Cuarcitas de Cosincho, 2, Devónico, 3, Areniscas Beu y Bala, 4, Arcillas Quendeque y Terciario Subandino, 5, Gravas cuaternarias

Tomado de Ahlfeld, Geología de Bolivia 1946

Paz, República de Bolivia, sino que incluye también parte de la de Iturralde de ese mismo Departamento y una pequeña parte de la provincia Ballivián, correspondiente al Departamento del Beni. Toda esta área pertenece a la cuenca de drenaje del Río Amazonas.

El área de interés ha sido determinada por la presencia de numerosos afloramientos naturales de petróleo, que evidentemente indican la existencia de una roca capaz de originarlo; sin que esto quiera decir que comprueben acumulaciones importantes de hidrocarburos.

Según nuestros conocimientos basados en la documentación disponible, los primeros estudios geológicos en la zona mencionada fueron realizados a partir de 1913, sin tomar en cuenta las entradas de los primeros viajeros y colonizadores. Desde aquella fecha hasta nuestros días han sido preparados varios trabajos, muchos de los cuales han llegado incompletos a nuestro poder.

Estos levantamientos han sido de carácter general, lo que significa que sus autores se han dedicado a recorrer la zona en grandes áreas, sin detenerse a efectuar trabajos de detalle y sólo han revisado los perfiles geológicos a lo largo de las rutas principales, ya sean sendas o ríos, sin desviarse mayormente de las mismas. Por este motivo, las exploraciones realizadas hasta este momento son insuficientes para tener una idea completa de las condiciones geológico-petroleras de la zona de Caupolicán, aunque hay algunos trabajos que dan un panorama general bastante bueno, especialmente en lo que se refiere a la sucesión estratigráfica representada en este Distrito.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DISTRITO NORTE

Terciario	Terciario Subandino	+ 2.500 m.
?	Arcillas Quendeque	1000 — 1.500 m.
Pérmico-Triásico ?	Areniscas de Bala Areniscas de Beu	100 — 400 m. 120 — 600 m.
Carbonífero	Areniscas Calizas	? 5 — 80 m.
Devónico		600 — 900 m.
Predevónico ? (Ordovícico ?) (Cámbrico ?)	Cuarcitas de Cosincho	+ 900 m.

Estratigrafía

La serie estratigráfica del área de Caupolicán no ha sido todavía aclarada suficientemente porque, como se dijo más arriba, no existen trabajos bastante detallados. Esta deficiencia se destaca especialmente cuando se trata de los sedimentos correspondientes al Paleozoico inferior en los que algunos autores han reconocido formaciones tan antiguas como el Cámbrico y otros no han podido observar sedimentos anteriores al Devónico.

Cuarcitas Cosincho: (Cámbrico).

De la comparación de los estudios realizados se desprende que los sedimentos más antiguos afloran en el área de Caupolicán son un grupo de cuarcitas blancas y duras. Los dos autores que las mencionan, dentro de la bibliografía de que disponemos, son el Dr. G. L. Harrington (1926) y el Dr. Otto A. Welter (1928). El primero se refiere a ellas diciendo que "...the quartzites are hard, sugary and cut by numerous quartz veins, which are scarcely distinguishable from the rock itself."; agregando: "The only clue to the age of these rocks is to be found in the fact that associated with the cobbles of the hard, brittle quartzites were some cobbles of somewhat softer sandstones, which consisted largely of straight parallel worm tubes 2 or 3 millimeters in diameter. They may be Silurian or older." Indica, además que estas capas deben tener unos 3000 pies de espesor y tal vez más.

Por su parte el Dr. Welter dice: "Las capas más antiguas encontradas en el territorio estudiado, consisten en un sistema de cuarcitas blancas y compactas con raras intercalaciones de pizarras rosadas en las cuales Evans encontró cerca de Pata una *Peltura sp.* lo que prueba con seguridad su edad cámbrica. La potencia de esas capas no se conoce todavía, pero he podido observar un mínimo de 500 metros."

Ordovícico: y Devónico.

El *Ordovícico* parece estar representado en la zona de Caupolicán en forma bastante completa. Bulman en su monografía "South American Graptolites" (1931) al estudiar los graptolites coleccionados por la expedición de Nordenskjöld, afirma que se hallan representados los siguientes pisos del Ordovícico: el Llanvirniano inferior y

superior, el Llandeiliano y el Caradociano. Faltaría tan sólo el Tremadociano y el Ashgiliano representados en otras partes de Bolivia.

Por otra parte según O. Welter se han hallado ejemplares del fósil *Clarkeia antisiensis* (d'Orb.) en Caupolicán. Si la determinación de este braquiópodo es correcta, esto significa la presencia de rocas *gotlándicas* en esa zona.

El *Devónico* parece estar también representado en Caupolicán, pues se mencionan hallazgos del braquiópodo *Leptocoelia flabellites* Conrad, fósil característico del Devónico inferior, no sólo en Sud América sino también del Oriskaniano de Estados Unidos de Norte América.

Los estudios existentes no nos han dado la información necesaria para realizar una descripción detallada de los sedimentos del Ordovícico y del Devónico. Según nuestros conocimientos actuales aquellos sedimentos en conjunto están formados por unos 600 a 900 metros de lutitas negruzcas, grisáceas y gris verdosas, más o menos arenosas, con intercalaciones de areniscas duras y blandas y con predominio de areniscas en la parte basal. Es posible que nuevos estudios demuestren que el espesor total de estos sedimentos sea mayor.

Carbonífero:

Encima de los estratos devónicos se apoya, probablemente en discordancia, un grupo de calizas grises de varios tonos, con algunas capas coloradas. El espesor de esta serie varía de 50 a 80 metros, aunque en algunos lugares parece estar reducido a sólo 5 m.

El Dr. Otto Schlagintweit, que ha sido el descubridor de estos sedimentos carboníferos en la zona del Beni, indica que estas calizas contienen, cerca de su base, numerosos fósiles que confirman la edad indicada. Apoya su opinión en el hecho de haber encontrado . . ."Spirifer, Productus, etc. formas del Carbonífero del Altiplano reproducidas en la publicación de Kozlowski."

Estas calizas contienen intercalaciones de margas gris-verdosas y grises y una capa de arenisca colorada.

Encima de las calizas siguen bancos muy potentes de areniscas blanquecinas que según el mismo autor todavía hay que incluir en el Carbonífero.

Permo-triásico:

Encima de aquellas areniscas blanquecinas y separada por una suave discordancia, se encuentra una serie de areniscas y arcillas de unos 1000 metros de espesor cuya edad se mantiene indefinida todavía. Para los diferentes autores este grupo corresponde al Permotriásico; o al Pérmico y Cretácico; o al Cretácico exclusivamente. De todas maneras, el grupo se puede dividir en dos secciones principales basándonos en su litología.

Areniscas Bala:

La sección inferior ha sido descrita por Schlagintweit como "...una serie muy potente de areniscas de bancos muy gruesos o areniscas macizas, perdiéndose completamente la estratificación. Hay también estratificación entrecruzada." Más adelante agrega: "Intercalaciones de arcillas, coloradas y gris-verdosas son escasas y delgadas; se encuentran preferentemente en la parte más inferior y más superior". El espesor calculado para esta sección varía de 120 a 600 metros según el lugar de observación.

Areniscas Beu:

La sección superior de este grupo está constituída por sedimentos que Schlagintweit describe como "...areniscas amarillentas y blanquecinas, bien estratificadas aunque de muchos bancos gruesos". "...Llevan escasos rodados de rocas duras. Intercalaciones de arcillas coloradas son escasas en la parte inferior y aumentan hacia arriba". Según el geólogo Raúl Canedo Reyes el espesor puede variar de 100 a 400 metros. Esta sección se apoya concordantemente sobre la anterior, ya que su pase es transicional.

Arcillas Quendeque: (Terciario inferior ?)

Las areniscas Beu pasan al grupo inmediato superior por un aumento de las intercalaciones de arcillas coloradas, de tonos vivos, hasta llegar a predominar. Schlagintweit continúa con la descripción diciendo: "Hay también arcillas verdosas y violetas en una pequeña parte. Muchas de las arcillas tienen fractura concoidal. En las arcillas

se intercalan bancos de areniscas, delgados y potentes, casi siempre colorados".

Según Canedo Reyes el espesor de este grupo varía de 1000 a 1500 metros.

En lo que se refiere a la edad de estos sedimentos los autores no han podido concretarse, aunque en general coinciden en opinar que son sedimentos muy posteriores a las Areniscas Beu y que tal vez correspondan al Terciario.

Terciario Subandino: (Terciario Superior).

Por último y como miembro final de la serie estratigráfica de la zona de Caupolicán, antes que culminaran los movimientos andinos, se encuentra un potente grupo de areniscas y arcillas de colores pardos, cuyo espesor sobrepasa los 2500 metros.

Este grupo se sobrepone sobre el inmediato inferior sin una discordancia manifiesta. Su color empalidece, a la vez que aumenta la proporción de areniscas sobre las arcillas rojas que predominan más abajo. En la parte superior se presentan intercalaciones de arcillas grises, areniscas tobíferas y areniscas amarillentas muy claras con concentraciones de cal. Asimismo se encuentran, siempre en la parte superior del grupo, intercalaciones de bancos conglomerádicos.

Estos sedimentos parecen corresponder al llamado Terciario Subandino, es decir, a los pisos más altos del Terciario (Mioceno-Plioceno).

Tectónica y Posibilidades Petrolíferas

Ya hemos dado una idea general de las condiciones estructurales de esta zona al tratar la tectónica de las Sierras Subandinas, de las cuales el área de Caupolicán forma parte. Repetimos que se trata de una serie de bloques sobre-escurridos hacia el Noreste, limitados por fallas longitudinales de rumbo Noroeste, inclinadas al Sudoeste, que dejan entre sí anticlinales y sinclinales a veces bastante comprimidos. En general se trata de una tectónica de tipo imbricado.

Comprendidas entre las fallas longitudinales existen unas cuatro o cinco fajas anticlinales, de más de 300 Km de longitud. Estos anticlinales, sobre-escurridos hacia el oriente, tienen una sección asimé-

trica. Su eje se inclina hacia el Oeste y su flanco occidental es comparativamente más suave que el oriental.

Estas fajas anticlinales, así como las numerosas manifestaciones de petróleo conocidas en el área, han llamado poderosamente la atención desde hace muchos años y algunas importantes compañías petroleras, del Estado y particulares, han enviado a sus geólogos para que realicen reconocimientos preliminares. De sus informes hemos obtenido el resumen aquí presentado. Como se ha explicado, las informaciones recogidas no son suficientes; sin embargo, se considera que el área de Caupolicán presenta un panorama favorable para las acumulaciones de hidrocarburos en condiciones de una recuperación económica.

Para completar la presente información diremos que se tiena noticias de que en esta zona existen cerca de cuarenta manifestaciones naturales de petróleo. Aunque hay algunas que no han sido visitadas por geólogos o personas responsables, y por lo tanto dentro de la clasificación "no confirmadas", hay muchas de ellas que están debidamente conocidas. De los datos que disponemos es interesante destacar que en casi todos los casos estas manifestaciones provienen de sedimentos pertenecientes al Devónico (unas diez manifestaciones) o suben a la superficie por grietas o fallas tan frecuentes. En los casos en que se han efectuado análisis, se observa que el petróleo de Caupolicán tiene una densidad que varía entre 31 API y 36.5 API, según el lugar, y uno de los manantiales produce hasta 5 litros por día.

DISTRITO CENTRAL DE EXPLORACION

Por el Dr. Enrique T. Mauri.

El distrito Central de Exploración abarca el área de la Cuenca de las Sierras Subandinas comprendida aproximadamente entre paralelos de 15°30′ y 17°30′, de latitud Sur.

Este distrito es el menos conocido de todas las áreas con posibilidades petroleras de Bolivia, ya que fué visitado sólo por unos pocos investigadores que hicieron trabajos de carácter muy general. De la información entregada por ellos se puede tener una idea muy somera de la estratigrafía y de la tectónica y en algunos casos la contraposición de opiniones nos ponen en verdaderas dificultades para formar un criterio regional de las condiciones geológicas de esta zona.

Estratigrafía

Para la descripción de la estratigrafía de la zona del Chapare nos apoyaremos en dos trabajos principales preparados por K. F. Mather y O. Schlagintweit (1939).

Serie Arani:

Está formada por un grupo de cuarcitas y areniscas con algo de arcillas y pizarras intercaladas. Las arcillas contienen mucho material de origen orgánico. El color de estos sedimentos es castaño y amarillo en las superficies erosionadas y verdoso y gris oscuro en cortes frescos.

Según Wather, la edad devoniana de esta serie fué determinada mediante fósiles que fueron clasificados por el Geological Survey de los Estados Unidos. Su espesor sobrepasa los 4.500 m.

Dado el gran espesor que tendría el Devónico, al sumarse las cifras asignadas a las Series de Arani y de Totora, nosotros pensamos que por lo menos una parte de la S. de Arani debe corresponder al Silúrico.

Serie Totora:

La Serie Arani pasa a la Serie Totora en forma transicional, sin notarse una discordancia. La Serie Totora está constituída por arcillas muy finas, negras y bituminosas. Intercaladas con estas arcillas se encuentran unas areniscas de color castaño oscuro, las que también contienen una gran cantidad de material orgánico.

Mather no ha podido establecer el espesor de esta Serie, pero supone que debe ser alrededor de los 3.000 metros. Establece, además que pertenece al Devónico. Según su opinión, los esquistos bituminosos de esta Serie constituyen la roca madre del petróleo en Bolivia.

Estratos Peña Colorada:

Según Schlagintweit esta serie está constituída por "...un grupo de arcillas coloradas de tonos vivos, con intercalaciones de areniscas blancas (delgadas), areniscas coloradas unas y amarillentas otras pocas. Es difícil decir a qué nivel estratigráfico pertenece este grupo. Si es muy antiguo, se trata del nivel que en el Alto Beni he llamado

"Quendeque" y que sería de la parte más alta de la Serie Bermejo." Agrega que es muy posible que los estratos de la Peña Colorada sean más modernos y que "De ninguna manera se trata de un piso medio o bajo de la Serie de Bermejo".

Por su parte Mather opina que se trata de sedimentos de la Serie de Bermejo y que tienen un espesor aproximado de 1800 a 2000 metros.

Estratos San Antonio:

Siguiendo a Schlagintweit, diremos que esta serie está constituída por un potente grupo de areniscas alternadas con arcillas. Las areniscas son coloradas y amarillentas hasta blanquecinas, predominando el amarillo claro. Las arcillas en su mayoría son coloradas, aunque también se encuentran de colores gris-verdoso, gris y marrón. En la mitad inferior de este grupo Schlagintweit menciona la presencia de areniscas conglomerádicas y bancos delgados de conglomerados.

El espesor de esta serie no ha sido mencionado. En cuanto a su edad Schlagintweit sugiere que pertenece al Terciario.

Tal vez este grupo todavía corresponda a los sedimentos de la Serie Bermejo de Mather.

Estratos Ibirizu:

Hacia arriba los estratos de San Antonio pasan sin límite perceptible a los estratos de Ibirizu. Estos están constituídos por areniscas blandas, con intercalaciones de arcillas que se hacen más raras en los niveles estratigráficos superiores, a medida que los bancos conglomerádicos son más frecuentes. La estratificación es frecuentemente entrecruzada. También incluyen rodados de arcillas.

Se encuentran trozos aislados de troncos de árboles carbonizados.

Según Schlagintweit, este grupo pertenece a la parte más superior del Terciario Subandino.

Su espesor, no conocido en su totalidad, parece oscilar alrededor de los 600 m. aflorantes.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DISTRITO CENTRAL

	Mather	Schlagintweit
Terciario	Tatarenda ?	Ibirizu 600 m. ? San Antonio
Permo Trias. ?	Bermejo 1800-2000 m	Peña Colorada
Devónico	Totora ± 3.00	
Dev. ? Silúrico ?	Arani + 4.500	

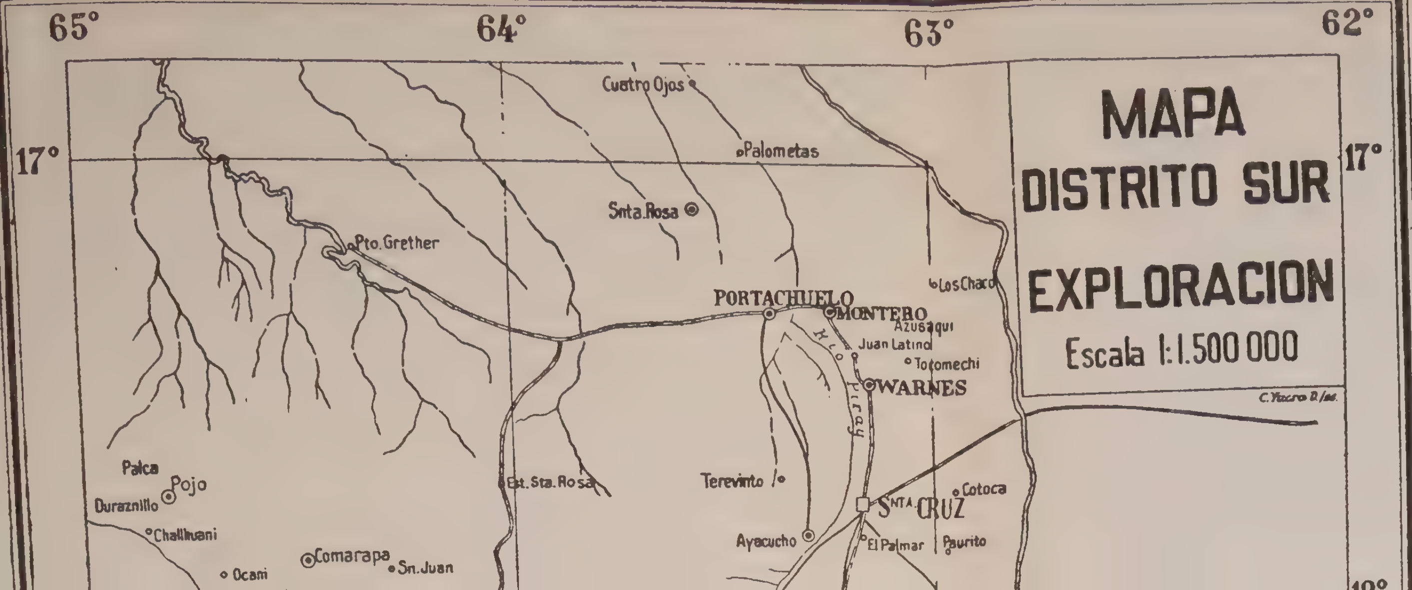
Tectónica:

La tectónica de la zona central que estamos tratando, pertenece al mismo tipo ya expuesto para toda la Cuenca Subandina, es decir, que se caracteriza por una estructura sobre-escurrida hacia el oriente, alcanzando a presentar un tipo imbricado.

Según los autores antes mencionados, la tectónica de esta zona presenta la particularidad de ser sumamente comprimida, fracturada en bloques, muy estrechos, sin dar lugar a la existencia de anticlinales más o menos amplios y suaves. Llama la atención el hecho de que estas circunstancias se presentan exactamente en el lugar donde las Sierras Subandinas, que hasta la localidad de Santa Cruz estaban alineadas en rumbo Norte-Sud, cambian bruscamente de orientación para tomar el nuevo rumbo Noroeste-Sudeste. Es muy posible que las cercanías del escudo brasileño tengan cierta relación con las características apuntadas.

Posibilidades petrolíferas

De todo lo que antecede, se desprende que, aparentemente, en el Distrito Central se mantienen condiciones geológicas similares a las correspondientes al Distrito Sur de Exploración, que como se ha dicho es donde la capacidad petrolífera de Bolivia está mejor conocida y desarrollada.


MAPA
DISTRITO SUR
EXPLORACION
Escala 1:1.500 000
65°
64°
63°
62°
17°
17°
Cuatro Ojos
Palometas
Snta. Rosa
Pto. Grether
PORTACHUELO
MONTERO
Los Chaco
Azusaqui
Juan Latino
Tocomechi
WARNES
Rio Piray
Terevinto
Est. Sta. Rosa
Palca
Pojo
Duraznillo
Challhuani
Comarapa
Sn. Juan
Ocani
Ayacucho
SNTA. CRUZ
Cotoca
El Palmar
Paurito

Siendo así, y teniendo en cuenta algunas variaciones secundarias de sus características, es posible suponer que las condiciones geológico-petroleras del área del Distrito Central deben ser suficientemente buenas como para representar una zona de posibilidades, que deberá ser estudiada con detenimiento e interés.

Como la geología del Distrito Central es tan poco conocida, no deben asumirse conclusiones demasiado definitivas hasta que no se hagan suficientes estudios de superficie.

c) DISTRITO SUR DE EXPLORACION

Por el Dr. EDUARDO LUIS PADULA

> Distribución geográfica y geológica de los Yacimientos de Petróleo y Gas dentro de cada provincia.
> Descripción estratigráfica y estructural de los campos de cada provincia que por su magnitud o características geológicas se consideran de mucha importancia.

Si desde Laguna Ipaguazú (límite con la Rep. Argentina) trazamos una línea que pase por Fortín Ibibobo, Este de C° de Mandeyapecua, Oeste de la ciudad de Santa Cruz y termine en Rurrenabaque, lugar hasta donde se dispone de información, separaríamos el Oriente boliviano en dos zonas de marcadas diferencias morfológicas, una occidental y otra oriental.

La zona occidental está caracterizada por la presencia de largos y angostos cordones montañosos que se extienden desde el sur de la localidad de Orán (Rep. Argentina) hasta el límite con la Rep. del Perú. Su rumbo, desde su naciente meridional hasta la latitud de la localidad de Santa Cruz, es sensiblemente norte-sur con algunas inflexiones que ocasionan fuertes entrantes hacia el Este. Desde la localidad de Santa Cruz tuerce notoriamente su rumbo hacia el noroeste para ajustarse en todo su recorrido al borde occidental del macizo de Brasilia. Estos angostos cordones montañosos de tres a cuatro kilómetros de ancho, que alcanzan una altura media de 1.500 metros s.n.m. y máximos altimétricos del orden de los 2.000 metros, están separados por delgadas fajas de depresión que les acompañan en todo su recorrido

y determinan el rumbo de la red de drenaje dentro del ámbito montañoso.

El aspecto morfológico de esta zona está estrictamente controlado por el comportamiento estructural, a grado tal que las unidades morfológicas positivas responden en su totalidad a máximos estructurales y las unidades negativas a mínimos. Son montañas de plegamiento en constante etapa de rejuvenecimiento que parecen haber alcanzado su peneplanización después de la tectónica intercretácica y antes de la deposición de las Areniscas Superiores.

La zona oriental o de la llanura es un plaine que puede dividirse, en base a diferencias de orden climático y fotogeográfico. en una sub-zona septentrional llamada "llanura beniana" y una meridional denominada "llanura chaqueña". A estas diferencias puede agregarse la de dirección de drenaje, ya que la septentrional drena hacia el Río Amazonas y la meridional, en su mayor parte, hacia el Río Paraná.

Geológicamente, utilizando los mismos límites, se puede dividir el Oriente boliviano en una zona occidental de neto ambiente Sub-Andino, caracterizada por la presencia de pliegues fuertemente comprimidos, donde se exponen sedimentos que se extienden desde el Devónico inferior hasta sedimentos asignados con seguridad al Terciario (Chaco Superior) y una zona oriental donde los sedimentos del Chaco y terrenos aluvionales cubren los sedimentos devónicos y gondwánicos y éstos, por levantamiento hacia el Este de su sustratum, van rebasando la cuenca en la misma dirección (ver adjunto 3).

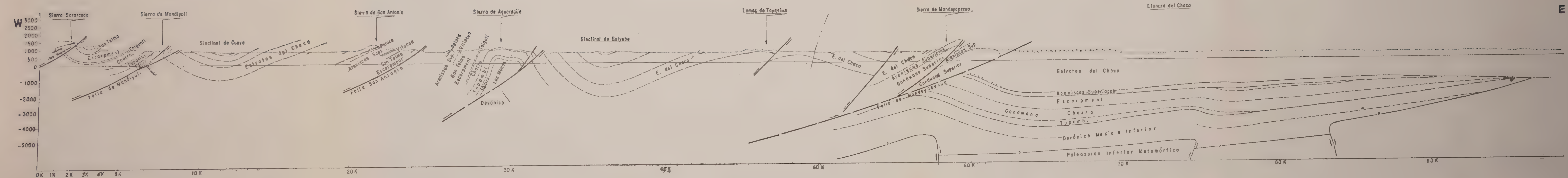
La zona de neto ambiente Sub-Andino tiene su límite occidental al Este de las serranías de Ñauparuma. Curi y Coscotoro, naciente del Río Yapacany, Comarapa, oeste de San Antonio (Río Chapare) y Asariama, sobre el Río Tuichi. Es una zona que en su parte sur alcanza un ancho de 120 kilómetros y desde la latitud de Santa Cruz hacia el Noroeste, en las localidades conocidas como Río Beni, sólo a 80 kilómetros.

El tramo boliviano de las Sierras Sub-Andinas más conocido hasta la fecha es el comprendido entre el límite con la República Argentina y la latitud de la localidad de San Carlos (NO de Santa Cruz). De sus estudios se han obtenido ciertas normas que actualmente orientan las exploraciones con fines petroleros.

SECCION TRANSVERSAL POR LAS SERRANIAS DE SARARENDA-MANDIYUTI-SAN ANTONIO-AGUARAGUE Y MANDEYAPECUA

LATITUD CUEVO-BOYUIBE

ESCALA 1:100.000



El petróleo y gas que económicamente se explota en las Sierras Sub-Andinas, de acuerdo al estado actual de nuestros conocimientos, ha tenido su origen en sedimentos devónicos. En ellos se ha acumulado en primera instancia para luego migrar a formaciones superiores como resultado de los diferentes ciclos de movimientos que han afectado a la zona. Así es como existen campos que explotan petróleo en diferentes formaciones (ver tabla A-1), llamando la atención que aquellas zonas donde el petróleo es encontrado en formaciones superiores al Devónico, —los sedimentos de este período están representados por la facie que caracteriza a la formación Los Monos (Black Shale), pobre en contenidos arenosos, mientras que, en la zona donde el petróleo y gas se encuentra en sedimentos devónicos, éstos están representados en facies donde alternan lutitas y areniscas en proporción de 65 a 35% respectivamente y las formaciones superiores sólo presentan vestigios de hidrocarburos o producciones muy pobres.

Esta circunstancia nos ha inducido a reconocer dos zonas petroleras dentro del mismo ambiente geológico e identificarlas haciendo uso de formaciones superiores, ya que el Devónico se expone en forma inconexa y en el núcleo de algunos anticlinales.

Dos formaciones son las que superficialmente permiten definir aproximadamente los límites de cada zona, siendo éstas las formaciones Chorro y Tarija, equivalentes laterales y pertenecientes a la parte superior del grupo Macharetí. La cuenca de deposición de estas formaciones, debido a los cambios de facies, parecen haber seguido la alineación del comportamiento tectónico de la cuenca sobre la que se depositó el Devónico y de ahí que los sedimentos del Tarija, Clay Grits y Shale gris negruzco con intercalaciones de areniscas blanquecinas, depositados en las partes más profundas de la cuenca del Gondwana, coinciden con el área de desarrollo de la facie/devónica denominada "Los Monos Shales" y asignada por su contenido fosilífero al Devónico Inferior y que los grits y clay grits rojizos de la formación Chorro responden en su desarrollo areal a la facie/devónica llamada Iquiri (Devónico medio) constituída por una alternancia de lutitas micáceas gris verdosas y areniscas cuarzosas blancas con ondulitas, ripple-marks y nódulos e intercalaciones de hematita (ver Tabla A-2). Por tales razones, dado que es práctico y a título de ensayo, se han separado dos zonas de igual comportamiento tectónico que designamos "Zona de la facie/Chorro" y "Zona de la facie/Tarija",

Tabla A-1 Diferentes Formaciones que contienen petróleo económicamente explotables.

Yacimientos	Formación	Edad	Densidad A.P.I. (+)	Serranía
Camiri	Iquiri	Devónico Medio	52° a 57°	Sararenda
Guairuy	,,	,, ,,	57°7-59°4	,,
Los Monos	Los Monos	Devónico Infer.	59°4	Aguaragüe
Camatindi	,, ,,	,, ,,	42° a 43°	,,
Sanandita	Tarija	Permo-Carbónico	41° a 43°	,,
Toro	,,	,, ,,	21°8	Candado
Bermejo	,, y Tupambi	,, ,,	25°5 y 28°9	,,
*Agua Blanca (RA)	,, ,, ,,	,, ,,		,,
Rio Pescado (RA)	Base de Chaco	Terciario		,,
*San Pedro (RA)	Tarija y Tupambi	Permo-Carbónico		San Antonio
*Ramos (RA)	Los Monos	Devónico Inferior		,,
*Tartagal (RA)	Tarija	Permo-Carbónico		Aguaragüe
Tranquitas	Tarija	,, ,,	47°	,,
	Arenisca Inferior	Cretácico Inferior	41° a 42°	,,
	Arenisca Superior	Cretacico Superior		,,
Madrejones	Tupambi	Permo-Carbónico	54° 2	Icua
Campo Durán	Tupambi	,, ,,	54° 4-6	,,

* Campos de Standard Oil Of. N. Y.
RA República Argentina
\+ Efectuado a 60° F.

TABLA A-2

ESTRATIGRAFIA DE LAS SIERRAS SUB-ANDINAS

Cronología						ZONA DE FACIE TARIJA	ZONA DE FACIE CHORRO
CENOZOICO	Terciario	Plioceno Mioceno			Estratos del Chaco: Chaco Superior	Estratos del Chaco: Chaco Superior	Estratos del Chaco: Chaco Superior
					— discordancia —	— discordancia —	— discordancia —
		Oligoceno Eoceno			Chaco Inferior	Chaco Inferior	Chaco Inferior
					— Discordancia —	— Discordancia —	— Discordancia —
MESOZOICO	Cretácico	Daniano		Tecurú	Areniscas Superiores	Areniscas Superiores	Areniscas Superiores
					— Discordancia —	— Discordancia —	— Discordancia —
		Senoniano			Manto de Basalto		
					— Discordancia —		
		Cenomaniano Albiano			Margas multicolores	Falta	Falta
		Neocomiano		Vitiacua	Calcareo de Vitiacua	Calcareo de Vitiacua	Calcáreo de Vitiacua
					Cangapi: Areniscas Calcáreas / Areniscas Inferiores	Cangapi: Areniscas Calcáreas / Areniscas Inferiores	Cangapi: Areniscas Calcáreas / Areniscas Inferiores
					— Discordancia —	— Discordancia —	— Discordancia —
PALEOZOICO	Permo Carbonífero		Gondwana	Mandiyutí	San Telmo: Superior / Inferior	San Telmo: Superior / Inferior	San Telmo: Falta / Inferior
					Escarpment	Escarpment	Escarpment
				Machareti	Tarija / Chorro	Tarija	Chorro
					Tupambi	Tupambi	Tupambi
					— Discordancia —	— Discordancia —	— Discordancia —
	Devónico	Medio			Iquiri	Falta	Iquiri
		Inferior			Los Monos Shale	Los Monos Shale	Los Monos Shale

ya que, en líneas generales, nos permiten prever en qué sector de la cuenca del Devónico estamos presentes.

Zona de la facie Chorro

Una serie de perforaciones ha efectuado la Standard Oil Co. dentro de la cuenca del Chorro. Los resultados, en su mayoría negativos, son debidos a la escasa profundidad de algunos o a las circunstancias de haber perforado sobre anticlinales secundarios impresos en los bloques desarraigados de los sobre-escurrimientos caracterizan a la totalidad de las cadenas estructurales que forman las diferentes serranías. Una excepción a esto son los campos de Camiri y Guairuy, cuya producción proviene del bloque infrastante a una de estas dislocaciones.

La zona de facie Chorro es de grandes posibilidades por el contenido arenoso del Devónico, la seguridad de la existencia de capas protectoras y la ligereza de su petróleo (53° a 56° A.P.I.) que permite obtener producción en arenas de baja permeabilidad (90 a 100 millidarcys). Otra de las buenas condiciones, una ventaja en las posibilidades de la zona, es la diferencia de edad entre las primeras migraciones y las trampas estructurales que actualmente almacenan petróleo.

Dentro de esta zona se encuentran los campos de Camiri y Guairuy, enclavados en la Serranía de Sararenda. El primero se encuentra donde el Río Parapetí corta a la citada serranía y entre los 20° 02′ 00″ y 20° 05′ 30″ de latitud Sur y 63° 33′ y 63° 35′ de longitud W. de G. y el segundo 20 kilómetros al sur del extremo meridional del primero.

Ambos campos explotan de los niveles arenosos existentes en los 400 metros superiores del Devónico Medio. El primero es un campo de una profundidad de 1,200 metros donde por medio de un pequeño overthrust se repite el principal horizonte productor "Arenisca de Sararenda" con buena producción.

Los niveles arenosos productores alcanzan el número de 17, habiéndose dividido en tres grupos numerados de arriba hacia abajo. Los niveles de mayor espesor y producción corresponden a las areniscas "Sararenda", "Santa Anita", "Intermedia" y "No. 13", de las cuales las tres primeras corresponden al mismo nivel repetido por una pequeña imbricación.

ADJUNTO 4

YACIMIENTO CAMIRI

PLANO ESTRUCTURAL REFERIDO

AL TOPE ARENISCA SARARENDA

ESCALA 1:20.000

Proporc. Ing. A. Mariaca - Dibujo: L. Ulloa P.

ADJUNTO 5

YACIMIENTO CAMIRI

PLANO ESTRUCTURAL REFERIDO

AL TOPE ARENISCA SANTA ANITA

ESCALA 1:20.000

Proporc. Ing. - Reducción y Dibujo L. Ulloa P.

El campo Guairuy produce de los mismo niveles del Iquiri que el ya citado de Camiri, pero en niveles estructurales mucho más altos, de 500 a 620 metros por encima. Estructuralmente corresponde a una escama de una estructura anticlinal mayor, infrastante a la falla de Sararenda.

La estratigrafía de esta zona, expuesta ya en sus rasgos generales en la tabla A-2, es la siguiente:

Chaco Superior: Conglomerados gruesos, interestratificados con limo y areniscas de color pardo rojizo

.... Discordancia ....

Estratos del Chaco	Chaco Inferior	Chaco s. str.	Areniscas y arcillas marrón rojizas con intercalaciones de banco conglomerádicos y tobíferos.
		Capas con Pelecípodos	Lutitas rojas y verdes interestratificadas con areniscas amarillo claras. En su base delgados bancos calcáreos. Estratos portadores de Corbículos.
		Petaca	Limo pardo rojizo Conglomerado de base de naturaleza calcárea, muy arenosa con trozos de pedernal.

.... Discordancia ....

TACURU	Areniscas Superiores	Superior	Areniscas amarillentas rojizo en parte estratificación deltaica. Estratificada en camadas de 3 a 4 metros espesor. Matriz síltica y cemento calcáreo.
		Inferior	Areniscas blanquecinas, en partes amarillentas. En la base se intercalan delgados conglomerados de rodados calcáreo y pedernal en matriz arenosa con cemento cálcico.

.... Discordancia ....

Sistema	Serie	Formación	Miembro	Descripción
VITIACUA		Calcáreo de Vitiacua		Calizas cristalinas, en partes silicificadas con nódulos y venas silíceas. Suelen intercalarse entre banco y banco margas rojas y verdes.
VITIACUA		Cangapi	Areniscas Calcáreas	Areniscas blancas de aspecto azucarado bien estratificada grano mediano y cemento calcáreo.
VITIACUA		Cangapi	Areniscas Inferiores	Areniscas amarillentas a rojizas con entrecruzado deltaico, resistente. En algunas localidades presenta conglomerado de base.

.... Discordancia ....

Sistema	Serie	Formación	Miembro	Descripción
GONDWANA	Mandiyuti	San Telmo	Superior:	falta
GONDWANA	Mandiyuti	San Telmo	Inferior:	clay grit y lutitas rojas
GONDWANA	Mandiyuti	Escarpment	Areniscas Macizas	Areniscas estratificadas en camadas gruesas, resistentes, amarillentas con lentes conglomerádicos e intercalaciones delgadas de clay grit.
GONDWANA	Mandiyuti	Escarpment	Taiguati	Clay grit y lutitas rojo ladrillo con ojos verdes e intercalaciones de areniscas amarillentas. En algunas áreas conglomerado de base.
GONDWANA	Macharetí	Chorro		Areniscas, grits y clay grits rojo oscuro sin estratificación normal. Se intercalan lentes conglomerádicos con matriz arenosa.
GONDWANA	Macharetí	Tupambi		Areniscas amarillentas, con bandas rojas e intercalaciones de lentes conglomerádicos y clay grits rojo oscuro. Algunos niveles presentan estratificación cruzada. En la base areniscas violeta grano fino, resistentes y algo micáceas.
GONDWANA	Macharetí	Tupambi		Violáceo. Lutitas micáceas color violeta oscuro alternando con areniscas bien estratificadas violeta claro y delgadas camadas de clay grits.

.... Discordancia ....

Iquiri	Alternancia de lutitas micáceas, lutitas arenosas estratificadas en camadas de 0.30 a 2 metros de espesor con bancos de areniscas de escasos centímetros a 15 y 20 metros de espesor, de cuarzo de hialino, sub-redondeados, cemento síliceo y resistentes. Los bancos calcáreos y conglomerados son escasos. Se observan ripple-marks, mud-cracks, ondulitas e intercalaciones de nódulos hematíticos.
Devónico Los Monos	Lutitas gris oscura, micáceas con escasas y delgadas intercalaciones arenosas.

En la ligera descripción de las características litológicas de cada formación puede observarse que las principales discordancias separan ciclos sedimentarios donde hay contraste en la litología y por consiguiente marcada diferencia en sus respectivos ambientes de deposición. Así el Devónico, en la facie Iquiri, son sedimentos de Shelf. Pues sus areniscas son de grano fino a mediano, contornos subangulares, constituídas en su mayoría por cuarzo, a veces hialino, y con escasa proporción de feldespato y pedernal y dispersas hojuelas de mica. Los conglomerados faltan y las intercalaciones de calcáreo son muy escasas, las lutitas tienen fisilidad primaria y la abundancia de mica se encuentra siempre en las superficies de estratificación.

Se observan ciertas características estructurales, como ripple-marks, mud-cracks, ondulitas e intercalación de nódulos hematíticos que parecen señalar una lenta pérdida en la profundidad del mar y a la vez reúnen ciertas condiciones de deposición propias de facies epirogénicas.

En los bancos arenosos y hacia los términos superiores se observa un aumento en la proporción del material clástico intersticial y un aumento en el porcentaje de bancos arenosos con relación a los de lutitas y a la vez una disminución en el espesor de los primeros.

Los sedimentos de Los Monos Shale se caracterizan por la gran homogeneidad, pues en su total espesor conocido existe un 90% de lutitas gris negruzcas, muy micáceas con escasas y delgadas intercalaciones de bancos arenosos.

El sistema de Gondwana, identificado en los grupos Mandiyuti y Macharetí, está representado por 1,500 metros de sedimentos glaciales y fluvio-glaciales que son el exponente de una serie de glaciaciones entre los cuales la principal corresponde a la época que se depositaron los sedimentos de la formación Chorro. Esta glaciación, en otros lugares de la cuenca, continúa casi sin interrupción hasta los términos más altos, tal como puede apreciarse en el centro de la zona de facie del Tarija, inmediaciones de Durán y Madrejones (Rep. Argentina), donde las formaciones Escarpment y San Telmo son difíles de separar y están representadas por clay grits con escasas intercalaciones arenosas.

Las glaciaciones superiores están representadas por el horizonte Taiguati y el miembro basal del San Telmo, conocido bajo la denominación de Itangua, Tunal o Yaguacua Shale, donde alternan clay grits, lutitas rojas y areniscas amarillentas que encierran algunos cantos estriados de forma y tamaño irregular.

Las épocas interglaciales más prominentes corresponden a las formaciones Tupambi y Escarpment. Si bien en ellos se intercalan algunos sedimentos glaciales, en su mayor espesor están constituídos litológicamente por areniscas macizas con niveles entrecruzados y con intercalaciones lenticulares conglomerádicas. En la formación Tupambi estos conglomerados son dominantes en la base, formando con los sedimentos del horizonte Violáceo una zona de relleno donde los sedimentos del citado horizonte son remoción del sustratum devónico.

El tercer ciclo sedimentario está representado por los sedimentos del Vitiacua. Este ciclo comienza con las llamadas Areniscas Inferiores, son sedimentos fluviales, principalmente constituídas por areniscas, en partes muy entrecruzadas, de coloración preferentemente rojo amarillento no faltando localidades donde son netamente amarillentas. Conglomerados sólo se observan, en algunas localidades, en su base, en otras su separación de los términos altos de San Telmo, por falta de éstos, es difícil. En muchos niveles de su total espesor se observan rodados aislados incluídos en areniscas gruesas que, con la típica estratificación cruzada, señalan un régimen torrencial de deposición.

A estas areniscas le siguen, en forma transicional, un conjunto de areniscas blanquecinas, de aspecto sacaroideo, muy calcáreo con intercalaciones delgadas de margas verdes y marrones de estratificación normal y en delgadas camadas, que llamamos Areniscas Calcáreas.

Estas areniscas que representan un ambiente fluvial más tranquilo encuentran continuidad en la caliza cristalina del calcáreo de Vitiacua.

Estas evaporitas son sedimentos lacustres de agua dulce y en partes salobre, presenta venas y nódulos silíceos e intercalaciones de margas rojas estratificadas en delgadas camadas.

Sus fósiles, en su mayoría gastrópodos y equinoideos, en muchas localidades abundantes, no han permitido hasta la fecha un común acuerdo sobre la edad. Ella ha oscilado desde Triásico-Liásico (Bonarelli 1921 a Cretácico superior. Schlagintweit). El autor se inclina por una edad Eocretácica de acuerdo a relaciones estratigráficas y tectónicas de carácter regional.

El cuarto ciclo sedimentario está representado por las Areniscas Superiores y los estratos del Chaco. Ambas formaciones representan un neto ambiente continental donde se pasa de depósitos fluviales de régimen torrencial a sedimentos eólicos y pie de monte existiendo una zona donde alternan ambos con intercalaciones de bancos de tobas y depósitos lagunares.

El aspecto estructural del campo de Camiri es común para todas las serranías, diferenciándose sólo en sus detalles y complicándose en aquellas localidades donde concurren más de una falla (ver adjunto 3).

Las cadenas montañosas corresponden estructuralmente a una línea de anticlinales afectados por fallas de tipo corrimiento con superficie inclinada hacia el Oeste que han provocado el desarraigo y cabalgamiento de los flancos occidentales sobre la culminación principal de los anticlinales. Así, en Camiri, la falla Sararenda sobrepone niveles de Devónico (Iquiri), de los 300 metros inferior al tope, sobre los términos altos del grupo Macharetí y basales del Mandiyuti y a la vez estructura anticlinal infrastante a la falla citada es cortada por otra de igual tipo y menor rechazo que afecta el flanco oriental ocasionando la verticalidad e inversión de los estratos y provocando, mediante fallas secundarias, la repetición de los niveles productores.

Superficialmente los anticlinales son fuertemente comprimidos y en profundidad muestran mayor tranquilidad dando lugar a desarrollarse anticlinales no muy acordes con los que se observan en superficie.

El resalto estratigráfico de las fallas varía rápidamente por variación del ángulo de inclinación y por su comportamiento con relación a los pliegues.

Los pliegues anticlinales son asimétricos con superficie axial inclinada entre 75° y 85° NO y flanco oriental próximo a la vertical y occidental más suave y con inclinaciones que oscilan entre 40 y 45°. De los cierres septentrional y meridional el primero es fuerte y el segundo es suave.

En la sección transversal (adjunto 3) se ha procurado dar al lector una visión de conjunto de cuál es la tectónica de las Sierras Sub-Andinas y a la vez, en su extremo oriental "Llanura de Chaco", con mucha imaginación, sólo se intenta señalar las relaciones estratigráficas entre las diferentes formaciones y como ellas se disponen sobre el sustratum infrapaleozoico.

Zona de la facie Tarija

Dentro de esta zona es donde existe mayor número de campos petrolíferos (ver tabla A-1) no como consecuencia de mayor riqueza, sino como resultado de una avanzada exploratoria dirigida de Sur a Norte.

Los campos actualmente en explotación dentro de esta zona son Bermejo-Arrozales y Toro, en la Serranía del Candado, continuación austral de la Serranía de Sararenda, y Sanandita y Los Monos en la Serranía de Aguaragüe.

El primero explota en los Horizontes del Tarija y Tupambi, el segundo y tercero en Tarija y el cuarto en la formación Los Monos (Devónico inferior).

La estratigrafía de los campos citados difiere no en sus características litológicas que son similares en todas las formaciones comunes, sino en la ausencia de algunas formaciones.

En el campo de Bermejo-Arrozales, el más austral de los campos petrolíferos bolivianos, las Areniscas Superiores descansan directamente y en marcada discordancia sobre niveles medios a superiores de la formación Escarpment. Faltan por causas de la erosión Pre-Areniscas Superiores los sedimentos del ciclo del Vitiacua y los pertenecientes a los términos altos del Escarpment y San Telmo.

En el campo de Toro, sito 17 kilómetros al Norte del extremo septentrional de Arrozales, las mismas areniscas descansan con igual relación sobre sedimentos de San Telmo, falta todo el ciclo del Vitiacua, suponemos por la erosión de la discordancia citada. Por otra

parte, en ambos campos la base de los Estratos del Chaco está representada por un conjunto de sedimentos que parecen señalar una zona de transición a los sedimentos de las Areniscas Superiores, aquí se interestratifican sedimentos que caracterizan a los Estratos del Chaco y a las Areniscas Superiores. Están ausentes los miembros basales del Chaco inferior, como las Capas con Pelecípodos y Petaca. Hasta la fecha, por falta de información y estudios destinados a solucionar este problema, no hay un común acuerdo sobre su explicación, aceptándose, con carácter de hipótesis de trabajo, que en todas aquellas zonas donde falta el Petaca, por no haberse depositado, la base del Chaco está representada por sedimentos que son remoción de las Areniscas Superiores, debiendo señalarse el contacto de ambas formaciones en la base de la zona de transición.

Otra explicación, que tiene abundante información en su contra, es aceptar que lo que llamamos Areniscas Superiores en esas localidades no sea más que los miembros basales del Chaco inferior y que el conglomerado de Galarza (conglomerado basal de las areniscas citadas) sea el equivalente del conglomerado de Petaca, base del Chaco inferior. Con esto no se niega la existencia de las Areniscas Superiores que tendrían su cuenca limitada al área que se señala con desarrollo del Petaca.

De lo expuesto para los campos de Bermejo-Arrozales y Toro vemos que las Areniscas Superiores se apoyan discordantemente sobre formaciones cada vez más viejas en dirección al Sur. Es así como en la latitud de Peña Colorada, sobre la misma serranía y en territorio argentino, se apoyan sobre los sedimentos de la formación Tarija.

Esta relación estratigráfica, también observada en las serranías orientales a la del Candado, señalan un cambio en la pendiente regional como consecuencia de los movimientos acaecidos antes de la deposición de las Areniscas Superiores y responsables de la discordancia existente en su base. Esto nos ha llevado a asignar a las citadas areniscas una edad Neocretácica (Daniano) por palización con hechos geológicos documentados paleontológicamente en el ambiente del Neuquén extra-andino (Rep. Argentina).

Estructuralmente la línea de anticlinales que constituyen la Serranía del Candado está afectada en su flanco oriental por uno de los mayores corrimientos que existen en las Sierras Sub-Andinas. Los anticlinales existentes en esta serranía son superiores a la citada frac-

tura y a la vez están desvinculados por fallas secundarias, vinculadas a la principal, que hacen que hacia el Norte los anticlinales vayan cabalgando sobre su inmediato al Sur. De esta forma la serranía aparenta un levantamiento estructural hacia el norte más fuerte que el real, ya que, en la misma dirección y por causa de esta imbricación, se exponen sedimentos cada vez más bajos estratigráficamente. Por la misma causa en anticlinales estructuralmente altos se encuentran invadidos por agua los horizontes que en el Sur, en estructuras más bajas, tienen petróleo. Aceptamos que este cuadro estructural actual es el resultado de los últimos movimiento del ciclo andino y que los anticlinales, ya formados por movimientos anteriores, han sido afectados y desarraigados en sus flancos occidentales y en posiciones estructurales bajas y sobreelevados por causas de la imbricación (ver adjunto 8) apuntada.

Los campos de Sanandita, Camatindi y Los Monos se encuentran en el faldeo oriental de la Serranía de Aguaragüe, cuya extensión en territorio boliviano va desde los 22° a 20° 25′ de latitud sur y cuyo rumbo oscila, de Sur a Norte, desde los 63° 52′ a 63° 15′ de longitud O de G.

En los campos citados, inferiores al corrimiento de Aguaragüe, la secuencia estratigráfica es completa, faltando solamente las Margas Multicolores.

Los sedimentos de la formación Tarija, cuya facie caracteriza a la zona, manifiestan un cambio a la facie del Chorro desde la latitud del Río Pilcomayo hacia el norte, para ya, a la altura del pueblo Boyuibe y sobre la misma serranía, estar totalmente reemplazados. Los sedimentos devónicos van aumentando hacia el norte su contenido arenoso en los términos superiores; en partes, por cambios de facie de los términos altos de Los Monos al Iquiri y en partes porque la biselación de la discordancia de la base del Gondwana hace que sus sedimentos se apoyen sobre sedimentos cada vez más antiguos en dirección hacia el Sur.

Ya hemos apuntado que el anticlinal Sanandita es infrastante al corrimiento de Aguaragüe, rasgo estructural que hace cabalgar sobre sedimentos del San Telmo y Escarpment, aflorantes en la culminación del anticlinal citado, la mitad superior de la formación Tupambi.

El bloque superior a la superficie de corrimiento se comparte como un gran monoclinal donde se exponen sedimentos que se extien-

den desde los términos medios de la formación Tupambi hasta los superiores de los Estratos de Chaco.

Estructuralmente el anticlinal Sanandita no es más que un anticlinal encajado como cuña entre dos fallas de tipo corrimiento, Aguaragüe al Oeste y Yaguacua al Este, dividido a la vez en tres bloques por dos fallas longitudinales, una secundaria a los corrimientos citados, Falla A, y la otra anterior a la tectónica del ciclo andino, quizás suprajurásica, falla Sanandita (ver adjunto 6).

La falla de Yaguacua ha sido determinada en el sur y norte del campo por los pozos S.4 y S.31 respectivamente, al pasar de los sedimentos de la formación Tupambi, a los de la formación Tarija.

La producción de este campo proviene de los Horizontes I, II y III de la formación Tarija, principalmente el Horizontes II que tiene desarrollo regional y es más constante en espesor.

El anticlinal Camatindi es una estructura inferior al corrimiento de Aguaragüe, expone en su núcleo sedimentos de Machareti superior y en sus flancos la secuencia completa que se extiende desde los sedimentos pertenecientes a los Estratos del Chaco a los de la formación Los Monos.

Los sedimentos devónicos han sido penetrados por la perforación del pozo Camatindi No. 2 más de 1.000 metros, las intercalaciones arenosas se encuentran entre los 250 y 400 metros por debajo del tope. Hacia abajo, según el perfil del pozo existe una absoluta pobreza en contenido arenoso.

DISTRITO DEL ALTIPLANO

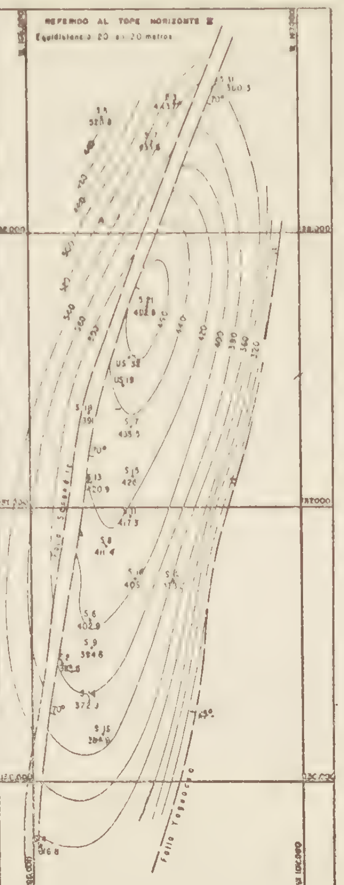
Por el Dr. ENRIQUE T. MAURI

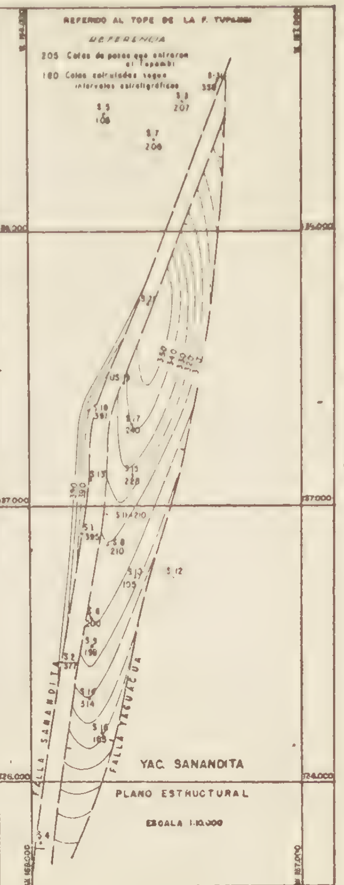
Aunque dentro de la organización de los Yacimientos Petrolíferos Bolivianos, el Distrito del Altiplano se encarga de la investigación geológica de toda la altiplanicie más los valles centrales comprendidos entre la Cordillera Oriental y la Cordillera Real, en el presente trabajo nos referiremos solamente a una área comprendida en la Cuenca de Copacabana.

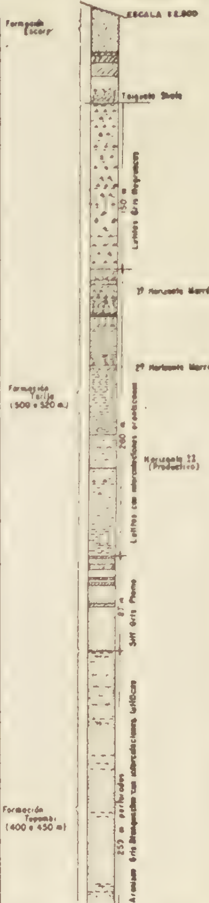
Muy poco trabajo geológico se ha realizado dentro del área comprendida por la Cuenca de Copacabana, en el territorio de Bolivia.

ADJUNTO 6


REFERIDO AL TOPE DE LA F. TARIJA
Equidistancia 10 en 10 metros
FALLA SANANDITA


REFERIDO AL TOPE HORIZONTE III
Equidistancia 20 en 20 metros
Falla Sanandita
Falla Yaguacua


REFERIDO AL TOPE DE LA F. TUPAMBI
REFERENCIA
205 Cotas de pozos que entraron al Tupambi
180 Cotas calculadas segun intervalos estratigráficos
FALLA SANANDITA
FALLA YAGUACUA
YAC. SANANDITA
PLANO ESTRUCTURAL
ESCALA 1:10.000


SECCION COLUMNAR
YACIMIENTO SANANDITA
ESCALA 1:2.500
Formación Iscuy
Iquiri Shale
Lutitas Gris Negruscas
1º Horizonte Marrón
2º Horizonte Marrón
Horizonte III (Productivo)
Lutitas con intercalaciones areniscosas
Silt Gris Plomo
Areniscas Gris Blanquecino con intercalaciones lutíticas
Formación Tarija (500 a 520 m.)
Formación Tupambi (400 a 450 m)
Gondwana
Preparó Dr. L. E. Pozzo
Dibujo L. Urbe R.

ADJUNTO 7

SECCION TRANSVERSAL POR YACIMIENTO SANANDITA

Trazado sobre plano geológico Report Nº 72 Mr. Thoms - Interptda por E. Padula

ESCALA 1:10.000




ADJUNTO 8
SECCION TRANSVERSAL ANTICLINAL TORO
ESCALA 1:10.000
1000 ms
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
Areniscas Superiores
F Escarpment
F Tarija
Areniscas Sups
F San Telmo
F Tarija
Horizonte I
Horizonte II
Horizonte III (con prod 40m pld
Shale
T-2
F. Tupambe
Falla Toro
Falla Arrozales
Nivel del Mar
F Escarpment
F Tarija
E del Chaco
Preparó Dr L.E Padula Dib L Ulloa P

Según la bibliografía a nuestro alcance, sólo dos autores han realizado trabajos de importancia y en ellos nos apoyaremos íntegramente para presentar el siguiente resumen. La información que presentaremos se apoya principalmente en la obra del Dr. Norman D. Newell "Geology of the Lake Titicaca region, Perú and Bolivia", (1949) especialmente para la descripción de la estratigrafía y tectónica de la zona cercana al Lago Titicaca; y en la obra del Dr. Federico Ahlfeld "Geología de Bolivia" (1946), en lo referente a la porción sur de la mencionada cuenca.

Estratigrafía:

La pila más completa de sedimentos de la Cuenca de Copacabana se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca e incluye grupos que afloran dentro de la porción sur del territorio del Perú y que tal vez, en parte, estén presentes en el subsuelo del territorio boliviano sin manifestarse en superficie.

Según el Dr. Newell la sucesión estratigráfica en esa zona alcanza a unos 20,000 metros de sedimentos, sin contar con las series del Paleozoico inferior que no afloran en el área estudiada por él. "La secuencia alrededor del Lago Titicaca incluye: Devónico inferior y medio (en parte marino) estimado en 3000 metros; Pérmico inferior (marino y no-marino) 1800 m; Jurásico superior (marino) 1200 m; Cretácico, inferior, medio y superior (marino y no-marino 4000 m; Terciario, capas rojas, (no-marino) 7000 m; Rocas Volcánicas terciarias y cuaternarias 4000 m. Se han reconocido ocho importantes hiatus estratigráficos, seis de los cuales indican fases orogénicas".

A continuación presentaremos traducida la descripción preparada por el Dr. Newell en las páginas 27 y 28 de su obra. Mayores detalles pueden encontrarse en la misma publicación ya que en los siguientes capítulos dicho autor ha tratado detalladamente cada uno de los grupos estratigráficos presentes en el área.

Pleistoceno:

"Outwash", morenas .... 20 m.

Sistema Terciario:

1) Arcillas Río Azángaro (depósitos del Antiguo Lago Ballivián, predecesor del Titicaca) .... 100 m.

E — E´

CORDILLERA OCCIDENTAL — TITICACA TROUGH — PUTINA SYNCLINORIUM

PIRIN OVERTHRUST — AZÁNGARO OVERTHRUST

5000 — 0

F — F´

CORDILLERA OCCIDENTAL — TITICACA TROUGH

PIRIN OVERTHRUST — AZANGARO OVERTHRUST

5000 — 0

PERFILES ESTRUCTURALES EN EL LAGO TITICACA

Tomado de
NORMAN D. NEWELL

1949

Escala Vertical Exagerado x2
Escala Horizontal

10 — 0 — 10 — 20 — 30 — 40 K

LEGEND

QUATERNARY
Qal — Alluvium

IGNEOUS
Andesite

TERTIARY
Ts — Sillapaca
Tt — Tacaza
Tp — Puno

UPPER CRETACEOUS
Kv — Vilquechico
Kc — Cotacucho

MIDDLE CRETACEOUS
Km — Moho
Kh — Huancane
Kmu — Muni-Sipin

PERMIAN
Pc — Copacabana

DEVONIAN
Dc — Cabanillas

2) Rocas volcánicas Sillapaca; efusiones de andesita y basalto, tufitas, breccias, las cuales forman la cubierta de la Cordillera Occidental . . . . 500 m.

Discordancia angular: las capas subyacentes se encuentran plegadas y fracturadas por fallas de escurrimiento, y truncadas por la superficie de erosión de "Puna" de la última general peneplanización de los Andes Centrales".

3) Rocas volcánicas Tacaza: efusiones de basalto y arkosas rojas debajo; aglomerados andesíticos y tufitas dacíticas encima . . . . 3,600 m.

Discordancia angular: amplia superposición de rocas volcánicas sobre las formaciones más antiguas.

4) Grupo Puno: areniscas, rojas a chocolate, arkósicas, y localmente tufáceas, son comunes los conglomerados andesíticos y cuarcíticos; los 1,800 m superiores son de arcillas esquistosas yesíferas color chocolate con una capa, cerca del tope, de tufita blanca y dura (equivalente a Corocoro I-III de Bolivia . . . . 7.000 m.

Discordancia angular: amplia superposición del Grupo Puno sobre rocas más antiguas.

Sistema Cretácico

1) Formación Muñani: areniscas arkósicas de color rojo ladrillo a pardo-rojizo, sin material volcánico . . . . 800 m.

2) Formación Vilquechico: arcillas esquistosas color gris-olivia obscuro, silíceas, con algunas capas de cuarcita blanca . . . . 680 m.

3) Grupo Cotacucho: areniscas macivas rosadas y rojas interpuestas por arcillas esquistosas yesíferas rojas; contienen una persistente unidad de areniscas de probable origen eólico . . . . 1,100 m.

Discordancia y subsiguiente deposición regional: en la Cordillera Oriental, Grupo Cotacucho descansa localmente sobre rocas tan antiguas como el Devónico.

4) Grupo Moho: principalmente arcillas esquistosas; la parte superior es de color gris oliva obscuro, con capas de cuarcitas grises, la parte inferior de colores abirragados o rojo ladrillo, conteniendo la persistente caliza Ayavacas de origen marino, no lejos encima de la base .... 800 m.

5) Arenisca Huancané: areniscas gruesas, de color marrón claro a rojo, con una capa eólica persistente. Su espesor varía de 60 m a .... 500 m.

6) Arcilla esquistosa Muni: (posiblemente del Jurásico Superior). Arcillas esquistosas marrón-rojizo oscuro o marrón, con delgadas calizas fosilíferas marinas .... 135 m.

7) Formación Sipín: caliza, muy arenosa y arcillosa, no fosilífera .... 20 m.

Discordancia angular y subsiguiente deposición.

Sistema Jurásico

1) Grupo Lagunillas: arcilla esquistosa gris-oscura a negra, caliza gris oscura, y cuarcita gris, que se intercala hacia arriba dentro de capas rojas, toda la secuencia es fosilífera, marina .... 1,200 m.

Discordancia angular y subsiguiente deposición.

Sistema Pérmico

1) Grupo Copacabana: calizas masivas grises, con pedernal, intercaladas con arcillas esquistosas grises y rojas; en la base se encuentra una secuencia de arcillas esquistosas gris oscuras y negras en parte de origen no marino; localmente y en el tope se

encuentra una arenisca roja, masiva, no fosilífera (Arenisca Tiquina)	800 a 1,800 m.

Discordancia no angular.

Sistema Devónico

1) Grupo Cabanillas: arcillas esquistosas, y menores cantidades de cuarcita, contacto basal del Devónico desconocido	3,000 m.
Total del espesor máximo	20,280 m.

La sucesión estratigráfica descrita más arriba, aflora en los alrededores del Lago Titicaca, pero la parte inferior de la misma no se manifiesta en superficie en la sección Sur de la Cuenca de Copacabana. Allí, según Ahlfeld, se presentan únicamente sedimentos de edad terciaria, rocas efusivas pliocenas y vulcanitos neoterciarios y cuartarios.

Conocemos que bordeando el límite oriental del Altiplano encontramos sedimentos devónicos, pero a la altura de la localidad de Coniri por motivos tectónicos desaparecen de superficie, debajo de las rocas terciarias y cuaternarias que dominan el panorama geológico de esta zona. No sabemos hasta qué distancia hacia el Oeste se encuentran los sedimentos devónicos debajo de las rocas modernas, pero es posible que esta distancia no sea muy larga. Tampoco sabemos si en esta misma área se encuentran sedimentos pérmicos, jurásicos o cretácicos depositados entre el Devónico y el Terciario. Esta falta de información, que sólo se podrá subsanar por medio de perforaciones, nos impide hacer una valoración petrolera suficientemente exacta.

Tectónica

Para describir las condiciones tectónicas de nuestra Cuenca de Copacabana nos referiremos a la obra de Newell ya mencionada, quien en la página 1 (resumen) da la siguiente información que traducimos del inglés:

"Seis ciclos orogénicos son inferidos del récord estratigráfico. Estos fueron (1) cerca del final del Paleozoico (?), (2) en el Jurásico más recientes, (3) cerca del final del Cretácico Medio, (4) cerca

del final del Cretácico más reciente. (5) en el Mioceno (?) y (6) en el Plioceno. La presente elevación de los Andes es el resultado de la epirogénesis Pleistocénica-Reciente. Los efectos estructurales de la primera y cuarta orogénesis son los más marcados en las altas áreas de la Cordillera Occidental. El segundo y tercero aparecen estar limitados principalmente a los cordones centrales y a la Cordillera Oriental. El quinto fué responsable del plegamiento de una ancha faja que se extiende desde la costa del Pacífico hasta el escudo brasileño, y el sexto es expresado principalmente en estructuras del área que drena dentro del Altiplano. Según parece el geoanticlinal costero (Cordillera Costanera) es de edad pre-Corbonífero. La Cordillera Occidental se manifestó cerca del final del Paleozoico o no más tarde que el Jurásico más reciente, y la Cordillera Oriental apareció en el Cretácico."

"Aunque sobre-escurrimientos de gran escala no han sido reconocidos en los Andes Centrales y su existencia ha sido categóricamente negadas por Arnold Heim, sobre conclusivas evidencias la cuenca del Lago Titicaca yace dentro de dos opuestas zonas de sobre-escurrimientos. La compresión fué desde el Noreste y Sudoeste. La evidencia para estos movimientos opuestos está expresada no solamente en las fallas de sobre-escurrimiento sino también en abundantes pliegues recostados y recumbentes en los cuales los planos axiales comúnmente buzan más allá de los ejes de la cuenca con ángulos de 45° y menos. Las rocas del Devónico, Cretácico Medio y Terciario varían grandemente en competencia estructural porque en el Cretácico se presentan arcillas esquistosas blandas, yeso, y, localmente, algo de sal. Los sobre-escurrimientos han sido localizados a lo largo de la base del Terciario, que es más resistente, y cerca de la superficie superior de las resistentes rocas del Devónico; consecuentemente, las rocas del Cretácico están plegadas y falladas dentro de un desorden extremo con grandes pliegues isoclinales volcados que han sido amasados entre las competentes capas del Terciario y Devónico, de estructuras mucho más simples".

Posibilidades Petroleras

Con excepción de algunas manifestaciones superficiales de petróleo, no se conocen en la Cuenca de Copacabana y dentro del territorio boliviano, otros indicios sobre la posibilidad de la existencia de yaci-

mientos de hidrocarburos económicamente explotables. De las tres manifestaciones conocidas, dos proceden de sedimentos Devónicos y se encuentran en el borde oriental de la cuenca. La tercera procede de sedimentos Terciarios del Río Mauri, cerca de la estación General Pérez, del ferrocarril La Paz-Arica. Esta manifestación, que se encuentra cerca del borde occidental de la cuenca parece tener su origen en sedimentos más modernos que el Devónico.

Las posibilidades petroleras de la Cuenca de Copacabana pueden ser mejor valoradas por la información que se dispone de la zona peruana cercana al límite con Bolivia, donde se ha logrado obtener cierta producción de un petróleo de 39° A.P.I. en la localidad de Pirín. Según Newell, tanto la roca madre como la producción corresponden a las rocas Cretácicas.

Los trabajos realizados por las diferentes compañías en esta área no fueron correspondidos por éxitos notorios, por cuyo motivo en este momento, aparentemente, se encuentran suspendidas las actividades en esta zona. Sin embargo Newell considera que todavía no se ha dicho la última palabra al respecto. Mayores informaciones podrán encontrarse en la publicación de este autor, antes mencionada, ya que entrar en otros detalles significaría salirnos del motivo específico del presente trabajo.

La presencia de petróleo cretácico en Pirín significa la posibilidad de que también en territorio boliviano existan acumulaciones de hidrocarburos que deberán ser buscados por debajo de la cubierta terciaria y cuaternaria que cubre la mayor parte del Altiplano. Limitaría esta posibilidad la circunstancia de que la cuenca del Cretácico en esta zona no se hubiese extendido suficientemente hacia el Sur, información de la que carecemos en estos momentos.

También habría que tener en cuenta la posibilidad de que el Devónico hubiese originado petróleo en esta área en cantidades importantes. En este caso el panorama se complicaría en el aspecto de las migraciones y retención de los hidrocarburos desde el Devónico medio hasta el Cretácico o Terciario. Sin embargo podrían presentarse condiciones favorables, que hubiesen permitido la migración y acumulación de los hidrocarburos y su conservación hasta nuestros días.

HISTORIA DE LOS PRINCIPALES CAMPOS PETROLIFEROS Y ESTADO DE SU DESARROLLO

Por el Ing. JORGE ALDAZOSA

Los campos petrolíferos que actualmente se explotan en Bolivia y muchas estructuras potencialmente petrolíferas pero no probadas, fueron inicialmente estudiados por The Standard Oil Company of Bolivia, subsidiaria de The Standard Oil Company of New Jersey, compañía que en 1922 obtuvo grandes concesiones para explorar y explotar yacimientos petrolíferos en Bolivia.

YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS

CUADRO COMPARATIVO DE PERFORACION

Años	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1956
Metros Perforados	4 276.14	5 382 35	3 467 90	3 923 80	3 985 17	4 313 99	9 402 65	14.134.31	17.818.95	26.095.28
Pozos Terminados										
Petrolíferos	4	5	4	1	2	9	8	11	17	19
Gasíferos						1				
Secos		1	2	2	1	1	2	1		2
Total	4	6	6	3	3	11	10	12	17	21

Los trabajos de exploración geológica superficial ejecutados por esa compañía dieron por resultado la localización de un número apreciable de estructuras potencialmente petrolíferas sobre las llamadas serranías subandinas situadas al oriente de los Andes y algunas de esas estructuras fueron probadas con pozos de prueba casi todos perforados con equipos de percusión.

La primera perforación realizada en 1924 sobre la serranía de Candado, en el límite con la República Argentina descubrió el yacimiento de Bermejo. En 1926 el primer pozo perforado sobre la estructura de Sanandita situada en la Serranía de Aguaragüe descubrió el

yacimiento de ese nombre; el segundo descubrimiento en Bolivia, y, en 1927 el primer pozo perforado en el alto estructural de Camiri, en la serranía de Sararenda fué también el descubridor de ese importante yacimiento.

Además del descubrimiento de los campos mencionados, The Standard Oil Co. descubrió aún el de Camatindi sobre la serranía de Aguaragüe en 1929 y perforó un cierto número de pozos en otras estructuras, como Buena Vista, Macharetí y Caigua en la serranía de Aguaragüe, San Telmo en la serranía de Candado, Tatarenda y Guariri en la serranía de Florida, Saipurú y Cambeití en la serranía de Charagua, con resultados inciertos por deficiencias de terminación, profundidad insuficiente u otras causas relacionadas con los métodos utilizados en esa época.

Después de haber tomado a su cargo en 1937 la institución estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, la explotación de petróleo en Bolivia, no pudo en sus primeros años por la insuficiencia de sus recursos económicos encarar la exploración de nuevas áreas y recién en 1946 pudo iniciar la perforación, —basándose en estudios geológicos de superficie—, de dos pozos exploratorios (wild cats) en las estructuras de Guairuy al Sur de Camiri, y Mandeyapecua, la primera de las cuales dió por resultado el descubrimiento del yacimiento de Guairuy en 1947.

El último yacimiento fué el de Toro sobre la serranía de Candado en la región de Bermejo; con el pozo T-1 terminado en 1955 como productor de petróleo. La localización de este pozo fué el resultado de estudios de geología superficial.

CAMIRI.—Este campo situado en la provincia Cordillera del Departamento de Santa Cruz es el principal productor de Bolivia, habiendo representado su producción el 87.4 de la producción total boliviana en 1955. Su producción acumulada al 31 de diciembre de 1955 alcanzó a 1,261,988 metros cúbicos (7,937,905 Bbl) siendo su potencial a esa fecha de 1,500 a 1,600 metros cúbicos diarios.

The Standard Oil Co. of Bolivia llegó a perforar solamente un pozo productivo en este yacimiento además del pozo descubridor, habiendo además perforado un tercer pozo sin alcanzar los horizontes productivos; los tres fueron ubicados sobre el eje de la estructura superficial y resultan ser pozos situados muy al flanco oriental de acuer-

do a la interpretación estructural actual. La producción provenía de areniscas compactas de la formación Iquiri del Devónico Superior —que actualmente se designan con el nombre de Grupo Superior— las mismas que continuó explotando Y.P.F.B. desde 1937 hasta 1947 en que, en la zona Norte de Camiri al penetrar más profundamente en el Devónico se descubrieron las areniscas Parapetí y Camiri de las cuales se obtuvo principalmente la producción hasta 1953.

En esta misma zona norte que por razones de facilidad de abastecimiento de agua fué desarrollada con mayor intensidad y en la cual gracias a su configuración topográfica se requería perforar menos metros para llegar a los horizontes productivos, se descubrió en 1950 una nueva arenisca de considerable potencia (más de 30 metros), que si bien en aquella zona aparecía inundada por agua, abría la posibilidad de que en otras partes de la estructura y en niveles estructurales más altos fuera petrolífera. Esa posibilidad fué confirmada varios años después cuando en 1953 se alcanzó a esa arenisca, —a la que se designó con el nombre de Sararenda—. con excelentes características de acumulación de petróleo en la zona Sur de Camiri, aproximadamente a 2.800 metros de distancia del pozo que la descubrió.

A partir de 1953 la arenisca Sararenda fué desarrollada en forma intensiva aunque sin descuidar las exploraciones en profundidad que en 1954 condujeron al descubrimiento de acumulación petrolífera en la arenisca Santa Anita, la misma que en la zona Norte al igual que la Sararenda había sido encontrada inundada por agua salada.

La arenisca Santa Anita, cuyo espesor es también superior a los 30 metros, aparentemente es sólo una repetición de la Sararenda producida por la falla de Agua Sucia y se presenta sobre una parte considerable de la estructura confinada casi exclusivamente al flanco oriental en el que se han obtenido pozos de igual o mayor productividad que los de la arenisca Sararenda.

Con la misma distribución areal que la Santa Anita se presenta otra arenisca, designada con la No. 13, que a pesar de su espesor reducido que no pasa de los ocho metros ha sido probada como buena productiva. Por debajo de ésta han sido determinados otros cuerpos arenosos: las areniscas Nos. 14 y 15 y las del Grupo Inferior que en pruebas realizadas en algunos pozos acusaron una capacidad productiva similar a las del Primer Grupo.

Siendo la profundidad media de los pozos productores de la Santa Anita, de 1,400 metros y habiéndose alcanzado en el más profundo una profundidad de sólo 2,000 metros, no se descarta la posibilidad de encontrar desarrollos arenosos conteniendo acumulaciones petrolíferas en la formación Los Monos del Devónico Inferior, cuya calidad productiva ha sido establecida en el yacimiento de Los Monos de Mc Carthy Inc. a 200 Kms al Sur de Camiri.

Como se dijo anteriormente, los pozos perforados inicialmente en este yacimiento fueron ubicados sobre el eje de la estructura superficial, pero al obtenerse progresivamente más informaciones conforme se iban perforando más pozos, resultó evidente que el eje estructural en el Devónico se encontraba considerablemente alejado hacia el Oeste; este resultado fué confirmado con los datos suministrados por el Dipmeter, registro que se ejecuta normalmente en todos los pozos a partir de 1953. Por otra parte, la zona hasta ahora conocida de Camiri comprende dos altos estructurales, de los cuales indudablemente el más importante es el que se halla al Sur, sobre el cual está siendo desarrollado en la actualidad. Este desarrollo se está realizando exclusivamente en relación con las areniscas Santa Anita y No. 13, —en las áreas en que éstas se encuentran presentes—, y Sararenda, dejando en reserva las areniscas del Primer Grupo, así como la Camiri y la Parapetí que constituyen el Segundo Grupo. De estas areniscas que tienen una permeabilidad mucho menor que las superiores más profundas cabe esperar la recuperación de considerables volúmenes de petróleo mediante los métodos modernos de fracturamiento.

Hasta el 31 de diciembre de 1955 se había completado en Camiri un total de 67 pozos, 4 de ellos duales y se habían abandonado 4 perforaciones que no alcanzaron los niveles productores. De ese total 28 pozos corresponden a la estructura norte, todos ellos terminados en las areniscas del Segundo Grupo y 39 a la estructura sur, de los cuales 14 fueron terminados en las areniscas del Primero o Segundo grupo, siendo los 25 restantes productores de las areniscas Sararenda o Santa Anita, o de ambas.

El número de pozos abandonados por improductivos y por considerárselos agotados, incluyendo los 4 abandonados sin haber llegado a los niveles productivos alcanza a 11.

Debido a la configuración topográfica sumamente accidentada, en el curso del último año se han iniciado perforaciones direccionales

en Camiri con excelentes resultados, habiendo sido completados 10 pozos dirigidos, algunos con ángulos verticales elevados (hasta 47°).

Los estudios de física de yacimientos efectuados en relación con las areniscas Sararenda y Santa Anita, a pesar del corto tiempo que éstas se encuentran produciendo, conducen a suponer que Camiri es un yacimiento predominantemente controlado por empuje de gas disuelto, por lo que se proyecta montar una planta de mantenimiento de presión que posiblemente entrará en operación a fines de 1956.

BERMEJO.—El segundo de los campos bolivianos en importancia, el yacimiento de Bermejo que se halla situado en la provincia de Arce del departamento de Tarija, junto a la frontera con la República Argentina. Su producción acumulada al 31 de diciembre de 1955 alcanzó a 233,342 metros cúbicos (1,323,824 Bbl.) y su potencial a la misma fecha era de 90 metros cúbicos diarios (565 Bbl. diarios).

Además del pozo descubridor terminado en 1924 y profundizado en 1927, The Standard Oil Co. of Bolivia terminó, utilizando equipos de percusión, otros dos pozos productivos y dos improductivos habiendo abandonado por dificultades mecánicas 3 perforaciones que no llegaron a los horizontes productivos.

De los tres pozos productivos dos producian de areniscas lenticulares de la formación Tarija y el otro de la arenisca Tupambi subyacente a la formación Tarija, ambas de edad Permo-Carbonífera. Además estos pozos resultaron encontrarse en dos diferentes domos, dos en el de Bermejo propiamente dicho y el otro en el llamado domo de Arrozales inmediatamente el Norte del anterior.

Desde 1937 en que Y.P.F.B. tomó a su cargo este yacimiento lo mantuvo inexplotado hasta 1942, por encontrarse la región de Bermejo desvinculada del resto de Bolivia. En 1942, habiéndose concertado un contrato de venta del petróleo de Bermejo a la República Argentina se pusieron en producción los 3 pozos existentes y se reanudaron las perforaciones con dos equipos rotativos.

Las perforaciones realizadas solamente rindieron producción de 3 diferentes niveles de la formación Tarija y fueron suspendidas por haberse requerido los equipos para su utilización en Camiri hasta 1953 en que se reiniciaron primero sobre el domo de Bermejo y luego sobre el de Arrozales.

El número relativamente pequeño de pozos perforados no ha permitido aún el cabal conocimiento de las estructuras tanto de Bermejo como de Arrozales.

Hasta el 31 de diciembre de 1955 se había completado en Bermejo un total de 15 pozos y se habían abandonado 4 perforaciones que no alcanzaron los niveles supuestos petrolíferos; tres por The Standard Oil Co. of Bolivia y una por Y.P.F.B.

De los 15 pozos terminados 3 resultaron improductivos, 3 producen de la arenisca Tupambi y 9 producen de las areniscas de la formación Tarija.

SANANDITA.—Este campo que fué el segundo que se descubrió en Bolivia, se halla situado en la provincia del Gran Chaco del Departamento de Tarija, su producción es reducida y en la actualidad no se desarrollan operaciones de perforación en vista de que los pozos de este yacimiento por lo general han sido de bajo rendimiento y se prefiere utilizar los equipos disponibles en campos más prolíficos.

The Standard Oil Company of Bolivia perforó en este yacimiento cinco pozos: tres productivos —en los que la producción se obtuvo de las areniscas lenticulares de la formación Tarija—, y dos improductivos que alcanzaron la arenisca Tupambi comprobando su calidad acuífera, lo que fué confirmado por pozos perforados posteriormente por Y.P.F.B. en posiciones estructurales más altas.

La existencia de varios bloques hace necesaria la perforación de pozos profundos en esta estructura a fin de evaluarla debidamente.

Y.P.F.B. perforó en este yacimiento, utilizando equipos de percusión, un total de 15 pozos de los cuales 4 resultaron improductivos, los 11 restantes y los 3 que perforó Standard Oil Co. se hallan produciendo por bombeo.

La configuración topográfica sumamente escarpada dificulta un mayor desarrollo de este yacimiento, una buena parte del cual no ha sido explorado con perforaciones. Su producción acumulada al 31 de diciembre de 1955, alcanzó a 317,958 metros cúbicos (1,999,951 barriles).

GUAIRUY.—Este yacimiento se encuentra situado en la provincia de Cordillera del Departamento de Santa Cruz. Con sólo 3 pozos productores, rinde en la actualidad más que Sanandita, ocupando el tercer lugar en orden de importancia después de Camiri y Bermejo.

Fué descubierto en 1947 por Y.P.F.B., que perforó con posterioridad al descubrimiento seis pozos más de los cuales sólo dos resultaron productivos. Se trata de una estructura angosta y complicada por fallas en las que por la limitación de capacidad del equipo empleado no se ha podido hacer una exploración en profundidad, sin embargo de ello en los últimos pozos se han determinado 3 horizontes productivos en la formación Iquiri del Devónico Superior: la arenisca Guairuy así llamada por ser la productora del pozo descubridor, la arenisca Sararenda situada a menor profundidad que la Guairuy pero que en el pozo descubridor resultó ser estéril, y la arenisca Salvadora que fué sometida a pruebas de producción y luego dejada en reserva para explotar sólo las dos superiores.

Un total de 7 pozos fué completado en Guairuy hasta el 31 de diciembre de 1955, 3 de ellos productivos y 4 improductivos. De los 3 pozos productores uno produce de la arenisca Guairuy solamente, otro de la Salvadora solamente y el tercero de las areniscas Guairuy y Sararenda manteniendo en reserva la arenisca Salvadora.

TORO.—El pozo descubridor de este nuevo yacimiento situado al norte de Bermejo, en la provincia de Arce del departamento de Tarija fué terminado en 1955. Su producción proviene de una arenisca de la formación Tarija de edad Permo-Carbonífera (Gondwana).

La completa valoración de este yacimiento será realizada con nuevas perforaciones que serán ejecutadas en el curso del presente año.

CAMATINDI.—Este yacimiento probado, pero inexplotado hasta la fecha fué descubierto en 1930. Se encuentra situado en la provincia Luis Calvo del Departamento de Chuquisaca y en el mismo se perforaron sólo 3 pozos: dos productivos y uno improductivo.

YACIMIENTOS PETROLIFEROS
FISCALES BOLIVIANOS

PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO

en metros cúbicos

Años	Camiri	Guairuy	Sanandita	Bermejo	Totales
1946	20.429	...	17.971	19.263	57.663
1947	26.154	...	16.026	17.814	59.994
1948	42.518	...	14.121	17.059	73.698
1949	82.082	...	13.027	17.722	107.831
1950	72.074	4.262	11.184	10.449	97.969
1951	57.864	3.764	6.963	14.632	83.223
1952	63.059	2.285	7.110	11.134	83.588
1953	73.054	1.843	7.978	12.647	95.522
1954	248.360	1.442	7.537	12.145	269.484
1955	373.907	24.307	6.979	22.876	428.069

VOLUMEN DE EXPLORACION PETROLERA
BOLIVIA

	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
DISTR. SUR DE EXPLORACION										
Geología Superficial								18 km²	1,050 km²	1,500 km²
Geofísica — Sísmica									150 km²	600 km²
Geofísica — Gavimetría									1,875 km²	5,500 km²
Aerofotogrametría									6,500 km²	
Pozos Exploración (iniciación)	2		1	2	1		1		5	1
DISTRITO NORTE										
Aerofotogrametría										5,000 km²

BIBLIOGRAFIA

AHLFELD, F. *Geología de Bolivia* —La Plata— (Argentina) 1946.

— *Yacimientos Minerales de Bolivia* —Barcelona— (España) 1951.

BONARELLI, G. *Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte* —Anales del Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas— Buenos Aires (Argentina) 1921.

BEURLEN, K. *Estratigrafía e Paleogeografía das Formacoes Gonduánicas no sul do Brasil* —M. da Agricultura— Departamento Nacional da Producao Mineral, Divisao de Geología e Mineralogía —Número 59— 1953 —Rio de Janeiro (Brasil).

BULMAN, O. M. B. *South American Graptolites with special reference of the Nordenskjold collection.*—Arkiu for Zool. K. Svenka Vetenskapsak, 22 A. Nº 3 1931.

HARRINGTON, G. L. *Reconnaissance of parts of old Lotes* 9, 13, 14 *and* 20 *and concession Bonaparte, mainly between the Pilcomayo and Parapeti Rivers, West of the San Antonio Range, with additional reconnaissance in the Mandeyapecua Range* —Report Bolivia Nº 78— Informe inédito a la S. O. Co., 1933

— *Geological report on the upper Beni River región, Bolivia.*, 1926. Informe inédito.

KELLY, J. G. *Informe final de Itapirenda* —informe inédito a Y. P. F. B. Año 1954.

— *Informe Geológico sobre el Sector Septentrional de la Sierra de Aguaragüe (Buena Vista)* —informe inédito a Y. P. F. B. año 1954.

LEINZ, VIKTOR *Observacoes sobre "Estratigrafía e Paleogeografías das formacoes Gondwánicas do Brasil"* de K. Beurlen —Min. de Agricultura— Departamento Nacional da Producao Mineral. Divisao de Geología e Mineralogía. Número 76 —1953 Rio de Janeiro (Brasil).

MATHER, K. F. *Informe relativo a la Comisión Petrolífera "Pensilvania"*. Inédito.

NEWELL, N. D. *Geology of the Lake Titicaca Región, Perú and Bolivia.*.— Geol. Soc. Amer., Memoir 36, 1949.

PADULA, E. L. *Informe Geológico sobre el Yacimiento Sanandita* —Informe inédito a Y. P. F. B.— 1954.

— *Geología del Sector Mandiyuti* —Sierra de Sararenda— Departamento Santa Cruz y Chuquisaca —Informe inédito a Y. P. F. B.— Año 1954.

— *Informe sobre la zona Guapoy-Jucumari.* Informe inédito a Y. P. F. B., Año 1954.

SHERLOCK, R. L. *The Permo-Triassic Formations.* A world review-Hutchinson's Scientific and Technical Publications—London—1947.

SCHLAGINTWEIT, O. *Observaciones estratigráficas en el Norte Argentino*—Bol. Inf. Petroleros—Y. P. F. B. id Nº 152—Buenos Aires—1937.

SCHLAGINTWEIT, O. *Informe preliminar sobre reconocimientos entre San Borja, Huachi y el Río Beni entre Huachi y Rurrenabaque* 1939. Informe Y. P. F. B. inédito.

— *Resultados de los estudios en la zona del Chapare efectuados en los meses de julio y agosto de* 1939. Informe Y. P. F. B., inédito.

WHITE, K. D. *Bolivian stratigraphy South of the Rio Grande*—Report Bolivia Nº 28—Informe inédito a la S. O. Co.—1925.

WELTER, O. y JANSSON, E. *Los terrenos petrolíferos de la provincia Caupolicán*—Bolivia 1921. Informe inédito.

— *General Report on the Oil fields of Caupolicán*—Bolivia—1922.

WELTER, O. *El petróleo de Caupolicán en Bolivia y posible extensión de sus yacimientos a la Montaña del Madre de Dios.*—Soc. Geol., Perú, 4, Línea, 1931.

SYMPOSIUM SOBRE YACIMIENTOS DE PETROLEO Y GAS
XX CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL

BRAZIL

(BRASIL)

EXPLORATION BRAZIL 1955

By Walter K. Link

1955 was the first year of complete operation by Petrobrás, which began in 1954. The Exploration Department of the Company was set up along the large private international company lines, and the supervisory staff assembled to do the job. This staff was completed in October as planned and on schedule. Exclusive of the various contracting geophysical companies, 25 foreign geologists and geophysicists have been contracted. These include Germans, English, Colombians, Argentenians. Canadians and Americans. Besides these about 25 Brazilian technicians were available from the old C. N. P. organization and integrated into the Exploration Department of Petrobrás.

During 1955 Petrobrás operated 6 seismograph crews; 3 gravimeter crews for 12 months and a new All Brazilian gravimeter crew for 2 months, one magnotometer crew and 6 geological field parties.

Of the seismograph crews two worked in the Amazon Basin all year, one worked in Maranhão São Luis Basin, two in Rio Grande do Norte for 10 months and in Alagôas two months, and one in the Recôncavo Basin of Bahia all year. Of the gravimeter crews one operated in the Amazon, two in the Recôncavo of Bahia, and one in Alagôas for two months. The magnotometer crew worked in the Amazon all year.

The geological field Parties worked in Rio Grande do Sul, Paraná, Recôncavo, and Amazonas. The Amazonas parties are seasonal and cannot work during the rainy season.

Aerial photographs were made in the Recôncavo, Sergipe-Alagôas, and in the São Luis Basin in Maranhão. Photographs of Paraná, Rio Grande do Sul, and Rio Grande do Norte were purchased and utilized.

In 1955 some oil was encountered in the Nova Olinda wildcat in the basal Carboniferous or upper Devonian section. Although this well is not commercial, the presence of considerable high gravity oil proves

that oil generating sediments are present. The well was drilled to a depth of 2761 meters and was not carried to basement because of mechanical difficulties after testing. Nova Olinda No. 2 was spudded on December 9th and at year's end was fishing at 864 meters. The Alter do Chão well 500 km. to the east on the Tapajós river was drilled to a depth of 3569 meters and abandoned, presumably in lower Pennsylvanian or Devonian rocks. This well also did not reach basement, and

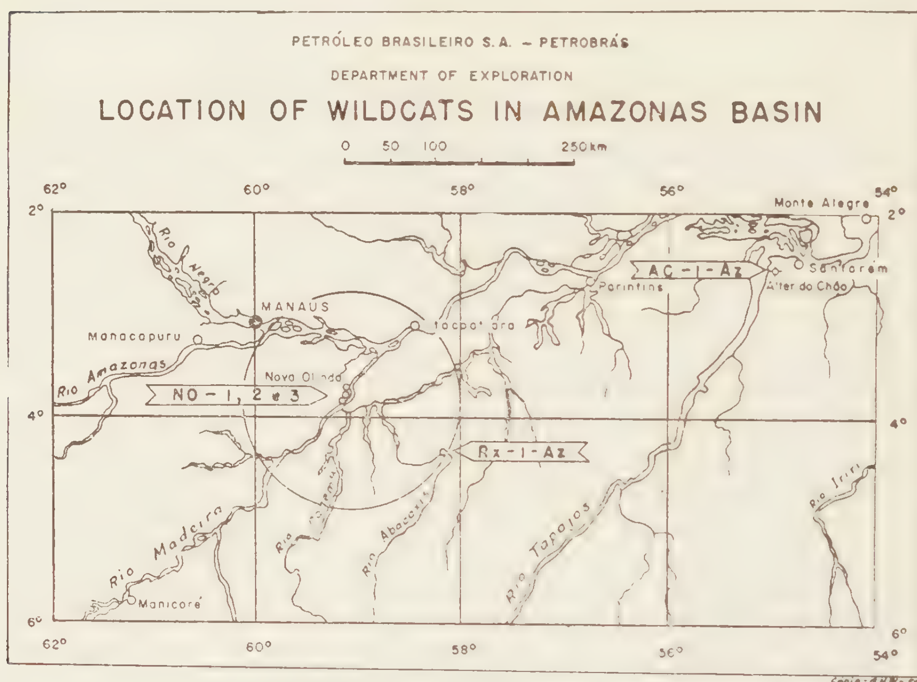


Figure 1.

no shows were recorded in the well. The Rio Abacaxis wildcat, 125 km. southeast of Nova Olinda was spudded on December 17th and at year's end was drilling at 322 meters. Nova Olinda No. 3, 4 km. downstream from No. 2 was rigging up at year's end. The Riachão wildcat in the Maranhão basin was drilled to a total depth of 2882 meters and abandoned as dry with no shows. The rig was moved to Testa Branca 65 km. to the east and was rigging up at year's end.

Seismograph work was completed in the Mossoró Basin of Rio Grande do Norte. At year's end, Gangorra No. 1 was being rigged up on one of the prospects. This is the first well being drilled for oil in this basin.

The Jacarézinho well in Paraná was drilled to crystalline basement and abandoned at a total depth of 2683 meters. Some residue oil was found in fractures in diabase rock. Southwest of this well Ortigueira No. 1 was spudded on the Ponta Grossa arch. At year's end the well had drilled in the Devonian Furnas sandstone which generally lies on basement. Oil and gas odors but not live oil shows occurred in the Devonian shales. At year's end the well had reached a depth of 1950 meters.

In the Recôncavo producing basin of Bahia, important field extensions at Dom João, Candeias, and Agua Grande on the Mata-Catú trend have increased the oil in place reserves, to more than a half billion barrels. The Dom João Field now extends 6 km. southward into the Todos os Santos Bay. The overall length of this field is 15 km. of which 9 are on land.

Seven new feature wildcat starts were made in the Recôncavo in 1955. Six of these ranging in depth from 955 to 1829 meters were dry. The seventh known as Jacuipe and located on the southern trend of the Mata-Catú regional feature was drilling at 1500 meters at year's end. Numerous gas sands have been encountered so far and minor oil shows recorded. The Sergi (Cretaceous), the main producing horizon at Dom João and Agua Grande, is expected around 2000 meters.

Oil production has risen from around 3000 bbls. per day in January 1955 to 6000 bbls. at the end of the year. When the Mata-Catú pipeline to the coast is completed in February 1956 production will immediately increase to 15,000 bbls.

ECUADOR

THE PETROLEUM GEOLOGY OF S. W. ECUADOR

By S. Marchant

SUMMARY

The geology of the extreme south-west corner of Ecuador is discussed, covering the only part of the country in which oil in commercial quantities has so far been found. Cretaceous and Eocene rocks only are exposed in the area, but many details of the stratigraphy are not yet fully known. The structural details are even more uncertain, though probably faulting plays a dominant part in the tectonics. A brief description is given of the two oilfield areas, Ancón and Salinas: their history of development is outlined, and some drilling and production figures are presented.

I. INTRODUCTION

This paper deals solely with the small area in the extreme south-west of Ecuador, rather loosely known as the Santa Elena peninsula (Fig. 1). It is the westernmost part of he Guayas Province and lies west of approximately Long. 80° 40′ W. It is only within this very restricted area that oil in commercial quantities has so far been found in Ecuador. No attempt will be made to discuss the geology and petroleum possibilities of the rest of the country, a matter which the writer is not qualified to undertake owing to lack of knowledge.

I am indebted to the Board of Directors of the Anglo-Ecuadorian Oilfields Ltd. for permission to present this paper.

II. STRATIGRAPHY

The area under discussion comprises all the land west of a line from Valdivia in the north to Chanduy in the south, and this line, as will be mentioned later, essentially represents a line of faulting, known as the La Cruz fault line. Geologically it separates two quite distinct areas. On the east are sedimentary basins in which strata from Creta-

GENERAL MAP OF ECUADOR

S. MARCHANT. THE PETROLEUM GEOLOGY OF S. W. ECUADOR. FIG. 1.

DRAWN BY E. LINO O.

Figura 1.

ceous to Miocene are represented: on the west only Cretaceous and Eocene occur, as far as is known at present. The whole, of course, lies within the coastal Province of Ecuador, which is the westernmost of the three zones into which the country is usually divided, both geographically and tectonically, the other two being the Eastern Province or "Oriente" and the Central Andean Province.

At the start, it must be made quite clear that in spite of many year's geological work in this part of the country our knowledge of both stratigraphy and structure is still very incomplete. Many important points of the stratigraphical succession are still quite doubtful: indeed it is not too much to say that the succession has not yet been clearly established. As regards the structure of this whole peninsula area, we are only just beginning to from some idea of what the tectonic pattern may be. In consequence, it is not possible at the present time to give a detailed account of the geology which would be at all reliable, nor is it possible to illustrate this article with structural maps or sections of any value. Fig. 2 is a general map showing the probable outcrop of the different stratigraphical divisions.

Somewhat tentatively, then, the succession found in our area may be given, as follows:

Tablazos	Quarternary-Recent
unconformity	
Ancon Point Formations Socorro Series Azucar Sandstones	Eocene
Santa Rosa Sandstone	Palaeocene
Santa Elena Formation Callo Formation	Cretaceous

Callo Formation

This is nowhere exposed in our area but has been recognised in wells drilled in the Salinas oilfield area. The type locality of the formation is at Callo in the Manabi Province, north of the Guayas

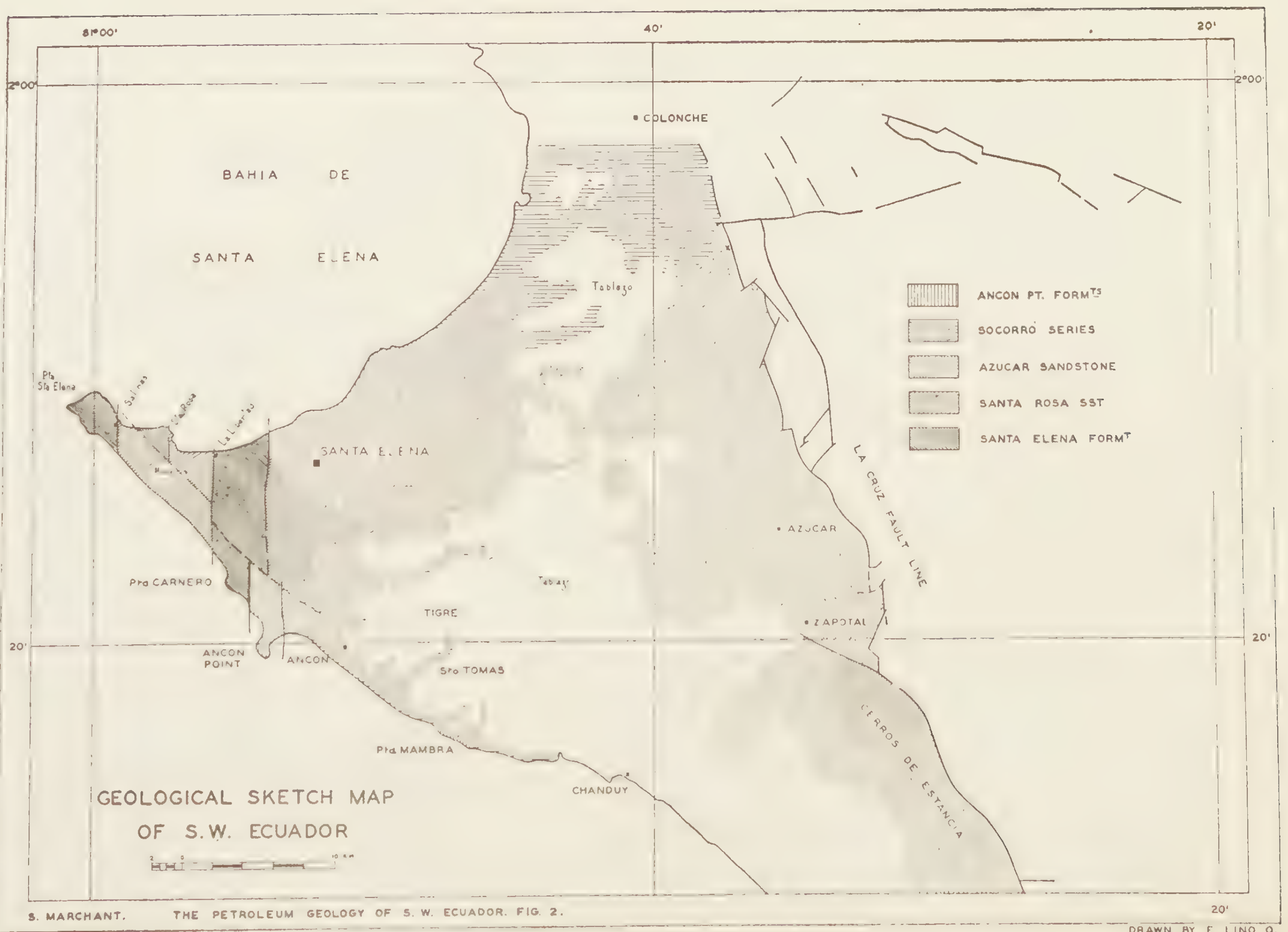

GEOLOGICAL SKETCH MAP
OF S.W. ECUADOR
ANCON PT. FORMTS
SOCORRO SERIES
AZUCAR SANDSTONE
SANTA ROSA SST
SANTA ELENA FORMT
BAHIA DE
SANTA ELENA
COLONCHE
Tablazo
SANTA ELENA
Pta Sta Elena
Salinas
Sta Rosa
La Libertad
Pta CARNERO
ANCON POINT
ANCON
TIGRE
Sta TOMAS
Pta MAMBRA
CHANDUY
AZUCAR
ZAPOTAL
LA CRUZ FAULT LINE
CERROS DE ESTANCIA
81°00'
40'
20'
2°00'
S. MARCHANT. THE PETROLEUM GEOLOGY OF S. W. ECUADOR. FIG. 2.
DRAWN BY E. LINO O.

Figura 2.

Province. There it consists of tuff, grits and sandstones of a total thickness of 10,000-11,000 feet, as stated by Thalmann (1946), who has identified part of the formation as definitely Senonian in age and considers that the whole time range of these rocks is from Cenomanian to Senonian. We know very much less about the formation in our area. Its presence at depth has only been recognised in the Salinas oilfield area where identification has been based on a combination of the appearance of igneous material in cores and cuttings and changes in the fauna. It is not possible at present to make any detailed statements about the lithology or thickness of the formation in our area since our knowledge of it is far too incomplete.

Santa Elena Formation

Overlying the Callo Formation in the greater part of western Ecuador is a group of rocks which are characterised by developments of chert. To the east of our area this is known as the Guayaquil Formation (or Chert "series"). Thalmann, (1946) gives the thickness as 1,500 feet in the eastern region, states that they grade up from the Callo Formation and describes them as silicified tuffs with chert developments and dark grey tuffaceous shales. He also considers their age to be Maestrichtian. In our area above the Callo Formation are found somewhat different rocks. They contain very characteristic cherty horizons, either as bedded stringers of black chert nodules in light whitish and buff-coloured, hard, fractured argillites, or as contorted and more or less structureless masses of similar argillite invaded by chert quite irregularly, but they also contain incompetent brownish-red to greyish-black and green clay, often quite soft and structureless, bedded radiolarites and even some red jasper-like chert layers. The indurated argillites and radiolarites are usually regarded as silicified and tuffaceous, so that the whole formation is often referred to as "cherty tuff": but, though undoubtedly layers of fine crystal tuff containing radiolaria do occur, most of the sections which I have so far examined do not appear to be either silicified or tuffaceous, and true chert is a minor, though characteristic, part of the formation.

In the past a great deal of confusion has existed regarding the age, origin and occurrence of this formation in our area. This is apparent from the account given by Sheppard (1937) who claims that the cherts were formed probably by hydrothermal agencies associated with volc-

anic or hypabyssal igneous activity, and gives the age as probably Upper Eocene. This is not the place to enter into a detailed refutation of this and other suggestions: it is enough to state that without any doubt the formation is a normal succession of sediments, of Cretaceous age, not always associated with igneous activity.

The rocks outcrop in their main development from Punta Santa Elena as a zone, about a couple of kilometres wide, running, slightly south of east. The outcrop is not continuous. being in places obscured by Tablazo or interrupted by occurrences of Palaeocene or younger sediments. Outside this most important zone, various apparently isolated exposures occur, such as at Punta Carnero south of the line and at many places to the north-east from San Vicente to south of Colonche.

The apparently haphazard and isolated surface developments of these rocks are almost certainly the results of bad mapping in the past, and our general lack of knowledge. Recent investigation in the extreme west of the peninsula probably provides a clue to what happens elsewhere. There it is now certain that the Santa Elena formation outcrops as blocks faulted up among younger sediments, and that different parts of the succession are exposed in different fault blocks isolated from each other. This makes it very difficult to establish a definite succession for the rocks or to determine their thickness. Thalmann (1946) suggests that on the peninsula they are 2,000 feet thick but this must be quite doubtful, though wells which have reached the Callo Formation in the Salinas oilfield area have penetrated at least this vertical thickness. True thickness may be very different owing to steep dips, which are certainly widespread.

The best development so far examined, is around the headland of Punta Santa Elena. There the whole coast is a continuous exposure and the rocks are quite possibly folded into a broad anticline, though dips are very doubtful in the amorphous argillites which predominate in the lithology. Unless exposures, at present unknown, prove to be more complete, this should be taken as the type locality of the formation, so that the name (Santa Elena formation), which was originally proposed by Thalmann, has some justification from the headland of that name, though the town is about 15 kilometres east of this suggested type locality.

Igneous Rocks

Before describing the Tertiary rocks it is appropriate to mention igneous occurrences since, so far as is known, these are confined entirely to areas of Cretaceous outcrop. Sheppard (1937) implied that the silicification of the strata is directly connected with the igneous intrusion, and presents a great deal of evidence from outcrops of igneous seen in the Manabi Province, which he says are various forms of hypabyssal intrusion such as dykes. He is not so definite about the mode of occurrence of igneous outcrops in the peninsula area, and in fact makes some unsound geological remarks when discussing occurrences at Punta Santa Elena. Much of this evidence cannot now be discussed since it is outside my own knowledge and observation; nor can a detailed refutation of the idea connecting silicification and hypabyssal activity be presented. It is definite, however, that at Punta Santa Elena the only igneous development is as isolated boulders up to about a metre in diameter which occur sparsely in the argillite at one quite small locality. Another occurrence, a large outcrop at Punta Suche near La Libertad, is almost certainly faulted on all sides against Cretaceous strata but also shows a very striking grading over into a massive conglomerate of big igneous boulders set in a clayey matrix, and evidently indicating an original weathered surface. Thus, from what has been studied so far, it seems certain that not all the igneous developments are intrusions into the immediately surrounding rocks, but a final analysis will have to wait further mapping: though Sheppard's ideas can anyway be discarded.

Santa Rosa Sandstone

It is in the succeeding strata of Palaeocene and Lower Eocene age that our stratigraphical knowledge of the area is weakest. In Western Ecuador Thalmann (1946) has defined the Palaeocene as the Estancia formation of 4000 feet thickness from an indefinite area in the Cerros de la Estancia, a little south-east of Zapotal on the Guayaquil-Salinas road. He describes them as grey and greenish grey micaceous sandstones, weathering brick-red, alternating with indurated black shales and containing pebble layers. Our own recent work hardly supports the validity of such a clear-cut division with striking lithology, as Thalmann suggests, but doubtless rocks in the Estancia hills in this vicinity are certainly Palaeocene.He separated these strata on the strength of the

occurrence of *Rzehakina* sp., cf. *R. epigona,* known elsewhere to be of Montian age. He also correlates the division with rocks known from the second deepest well ever drilled at Ancon, in which 393 feet of argillaceous beds overlying 3560 feet of sandstone were reached in the bottom of the hole. They were called the San José Shales and the San José Sandstones, but neither was strictly defined nor described in detail. Owing to the probably unjustified details of Thalmann's description and the bad practice of erecting a formation on incomplete subsurface data, there has always existed a sense of unreality about the Palaeocene in the peninsula area.

Recently, however it has become plain that quite extensive outcrops of dominantly sandstone formation, which occur around the Salinas oilfield area are essentially of Palaeocene age. Like the Cretaceous, these occur as more or less isolated areas of outcrop which so far have not been correlated one with the other, nor has the total thickness of, and succession within, the formation been worked out. There are some fine outcrops along the north coast between Chipipe Point at Salinas and La Libertad, and the lithology is characteristically a compact, hard, fine-grained, somewhat badly sorted, sandstone, greenish-grey in colour, weathering to shades of yellow and brown, well bedded and often laminated, micaceous to some extent and also argillaceous, in places with hard concretionary calcareous masses: in outcrop in places it is interbedded with quite soft grey clay-shales without much character. In one continuous outcrop where neither top nor bottom is seen they are quite 600 feet thick.

For the most part this formation which I have called the Santa Rosa Sandstone, from a small village of that name situated close to the most extensive exposure, is evidently faulted against Cretaceous in the Salinas oilfield area, so that it seems likely that the extreme western part of the peninsula consists essentially of a mosaic of fault blocks of Cretaceous and Palaeocene. At the Salinas cemetery sandstones of the Santa Rosa type overlie and seem to be interbedded with indurated greenish and olive, bedded argillites, radiolarites and mudstones characterised by blackish manganese staining on joint faces and containing stringers of black fractured chert. This suggests that the Palaeocene succeeds the Cretaceous conformably, at least locally, though the age of the beds at this outcrop has not yet been determined.

Azucar Sandstones

Although evidently there is a great deal to be learnt yet about the Palaeocene in our area, it is the Lower Eocene which is the least known part of the succession. Over most of the inland districts there outcrops a somewhat monotonous group of sandstones, conglomerates and interbedded thin sandstones and clay shales, which have so far defied subdivision. It is known, however, that the outcrop of these rocks extends eastwards through the Chanduy Hills and along the flanks of the Estancia Hills, as far as Playas, where a fine section is exposed on the coast, consisting of rather coarse yellowish and brownish sandstones, sometimes with resistant calcareous concretionary masses, sandstone conglomerates and conglomerates, interbedded with incompetent clay shales often containing thin sandstones. The total thickness of this section is reputed to be 7000 feet.

There can be little doubt that these rocks overlie essentially the Palaeocene of Thalmann's type locality in the Estancia Hills, though the exact relationships are still unknown, and presumably they must be Lower Eocene in age, since there is an equally reasonable presumption that they underlie rocks in the vicinity of Ancon and elsewhere to the west which are known to be Middle Eocene. However, there are no published references to definite age determinations. As an outcropping part of the succession, this formation is usually known as the Azucar Sandstones from a fairly important village more or less centrally placed on the main outcrop.

The correct westerly limits of outcrop of this formation are not yet known, but it is quite probable that it is exposed in places along the zone of earlier sediments which, as has been mentioned, runs roughly east-west as far as Punta Santa Elena: but probably this formation does not occur west of La Libertad, or in other words in the Salinas oilfields area.

At Ancon, however drilling has proved the existence of a thick, essentially sandstone formation below Middle Eocene and above the so-called "San José" shales and sandstones which, as we have seen, have been identified as Palaeocene. In spite of the fact that many wells have penetrated this formation to varying depths, we still know remarkably little about it. No subdivisions have so far been recognised and its thickness is uncertain, though in the deepest well on the field it is

claimed that 6680 feet of the formation were penetrated without reaching the base. These sandstones have been known for many years as the Atlanta Sandstone. But, there has never been a precise definition of what was meant by the term "Atlanta", nor any accurate description of lithological types involved in it. Whatever was meant at the start, the Atlanta Sandstone has for some years been recognised solely on the incoming of hard, compact, poorly bedded, medium and coarser, usually calcareous, sandstone which cause an often rapid rise in resistivity on the electric logs to over 20 ohms.

It is quite obvious that as a stratigraphical term the Atlanta Sandstone is not all suitable, owing to lack of definition and lack of knowledge of its characters, and it is almost certain, but not definitely so. that it is the equivalent of the outcropping Azucar Sandstone, wholly or in part. The classification of the succession will be improved when our increasing knowledge enables us with confidence to drop the term "Atlanta Sandstone".

Socorro Series

The rocks above the Azucar ("Atlanta") Sandstones are in places much better known and it is possible to make some attempt at subdivision, at any rate for the district around Ancon. As a whole it seems evident that these younger rocks outcrop over much of the broad coastal belt from Colonche to Santa Elena, and are again found in a zone along the south coast from Ancon to Punta Mambra. Whether the two outcrops are continuous or not, is not certain at present. Stainforth (1948) has determined their age as upper Middle to Upper Eocene.

The lower boundary with the Azucar Sandstone has never been described from exposures, which is probably because of inadequate mapping: but at Ancon from borehole evidence we have a fairly complete idea of conditions immediately above the "Atlanta" Sandstone. Here also we can subdivide the series as follows:

Seca Beds
Socorro Beds
Clay Pebble Beds

Clay Pebble Beds

The upper parts of these beds outcrop just west and north of Ancon itself, though probably no very great thickness is seen at the surface.

Recently a type locality has been designated along the sea cliffs immediately below the Ancon Club and for about 300 metres up Qb. Socorro: while for the unexposed parts a recent Corehole (Fa. 1), just west of Ancon, is being taken as a standard. The maximum thickness of the beds is probably about 1800′ feet, and is certainly not more than 2000 feet, though lack of reliable markers and rapid facies change again make this difficult to assess.

The Clay Pebble-bed (sensu stricto) has been the subject of a certain amount of literature (vide Barrington Brown and Baldry, 1925, 1938 and Sheppard 1937), having attracted attention owing to its unusual lithology. Typically this consists of a dark greenish-grey, more or less sandy, quite structureless clay, but containing a variety of pebbles, boulders or even large blocks of pre-existing rocks: hard quartzites, sandstones, clay, calcareous mudstone and rarely igneous rocks have been found, as phenoclasts, but the most noteworthy are the relatively soft subangular and angular clay pebbles which possess a polished pellicle and which can be cleanly extracted from the matrix.

Various origins have been claimed for this curious rock. Barrington Brown and Baldry (1925) first attributed it to crush brecciation, and later (1938) changed this to gravity sliding. Sheppard (1937) suggested mudflows originating in the Andes 150 miles away and lasting for millions of years. A detailed refutation of these suggestions, which verge on the fantastic, cannot now be presented. It is enough to state that on the evidence of rare but definite bedding within the formation, an upper boundary which certainly is not mechanical, the shape of the pebbles, the general uniformity of the rock type and the lack of violent tectonics in the immediate vicinity of the outcrop there can be no doubt that it is a sediment, even if rather an unusual one. Possibly it may have originated as the result of turbidity currents or earthquakes, since there is evidence that in part it has been derived from partially consolidated pre-existing sediments.

Originally the term Clay Pebble-bed seems, by implication, to have been restricted to the rock of the type described above, and normal stratified sandstones and clay shales which undoubtedly occur within that lithology were explained by various more or less ingenious and improbable hypotheses. As a stratigraphical term, it was not clearly nor closely defined. Recently it has become quite certain that the intervals of stratified rocks within the Clay Pebble-lithology are merely a

part of the unusual sedimentary sequence, occurring presumably as large, more or less lenticular masses and giving way in all directions, often without sharp boundaries, to the Clay Pebble rock-type. Thus, it is now possible to define the Clay Pebble Beds stratigraphically as all those rocks lying below the Socorro Beds, whose basal member appears over a reasonable wide area at Ancon to be a prominent sandstone of up to 20 feet thick or thereabouts, resting on an uneven and possibly eroded surface of Clay Pebble rock, and above the hard, high-resistivity "Atlanta Sandstone".

However, it may be desirable to recognise a more or less distinct basal part of these beds, since, in the Ancon field true Clay-Pebble rock seems to be separated everywhere from the "Atlanta" Sandstone by an interval of interbedded sandstones and clay shales, with occasional traces of Clay-Pebble, which in the electrical logs is of intermediate resistivity between the low Clay-Pebble and high "Atlanta" Sandstone. At one time this was given a completely separate identity under the term "Atlanta Shale", but we now know that this is invalid as a stratigraphical term; not only is the lithology by no means dominantly argillaceous and certainly not a true shale even then, but the unit also straddles in some localities the division which can be recognised on lithological and faunal grounds. The lithological distinction may be taken as the first appearance of true Clay-Pebble rock and the faunal as the extinction of *Discocyclina*. The two have been found to coincide apparently in one well drilled at Ancon, and this horizon occurs in the middle of an interval on the electric log which would normally all have been named "Atlanta Shale". If it is found that any subdivision at the base of the Clay Pebble Beds is justified and useful, it is probably better to refer to the interval by a more non-committal name, such as "Passage Beds", which allows much better for variations in thickness due to lateral change of facies and implies correctly the interbedding of Clay-Pebble rocks with sandstones and clay shales which themselves usually merge over into the true hard "Atlanta" sandstone.

Mention has already been made of the uneven and possibly eroded upper surface of the Clay Pebble Beds. This is exposed in a few outcrops near Ancon, a particularly good one being in Qb. Socorro about 300 metres from the mouth. The chief importance of this and other such outcrops is the unequivocal evidence for a sedimentary and not mechanical boundary between the overlying Socorro and the Clay Peb-

ble-lithology. But whether this junction represents an unconformity or not, is not so certain. There appears to be a lithological gradation across the junction but yet the top of the Clay-Pebble is undoubtedly uneven. Probably this represents little more than a short interval of non-deposition, rather than a definite unconformity.

Socorro Beds

These beds are fully exposed at Ancon, and the type locality, never clearly defined in the past, has now been designated as the sea-cliffs from below the Ancon hospital eastwards for 2200 metres to the salt-water pumping station. The lithology is a rather uniform alternation of grey clay-shales and sandstones, with the former dominant, and not possessing any noteworthy contrasts. At Ancon itself these beds are about 1200 feet thick, but elsewhere in the vicinity apppear to be thinner, down to 600 or 800 feet in places. This thinning may be due to change of facies at top or bottom, so that either Clay Pebble or Seca Beds may thicken at the expense of the Socorro, but we still do not know enough of the details to feel certain on this point. One of the few points of interest about these Socorro beds is the development of Orbitoidal Sandstones. At Ancon it appears that such sandstones (often made up almost entirely of Orbitoids), occur in the upper few hundred feet of the beds: but further east coring has shown that, though more abundant in the upper part. such sandstones do occur throughout the Socorro Beds. They are usually quite thin, rarely more than 1 foot thick, coarse and often oil-bearing. The fauna has not yet been investigated properly, owing to the difficulty of preparing the material.

Seca Beds.

These beds overlie the Socorro Beds conformably. Their base is taken as the incoming of somewhat indurated, bedded claystones weathering light greyish to light mauvish-grey, interbedded with grey marls. These form a striking horizon at the surface, giving rise of whitish weathered soils. They may be separated off as the Cacique Beds, or the basal member of the Seca Beds and are probably not more than 250 feet thick. They are overlain by the Seca Clay Shales which consist of bedded and poorly bedded clay shales, often weathering a brownish colour, and containing huge concretionary masses of buff clay-ironstone

and hard calcareous mudstones, sometimes a little sandy and with distinct, though contorted, bedding. These beds are probably at least 500 feet thick.

In boreholes the distinction between Cacique Beds and Seca Clay Shales is lost, since the whole of the Seca Beds then appear as grey more or less bedded clay shales and marls, usually packed with a microfauna of Radiolaria and Foraminifera. Stainforth (1948) has given the age of these beds at Upper Eocene.

The lower boundary to the Socorro Beds is not always easy to recognise in the field since the upper part of the Socorro Beds seems to be less rich in interbeddes sandstones, and lack to some degree the characteristic alternation of that formation. At the same time the somewhat brownish weathering, more typical of parts of the Seca Beds, may also be developed, and the faunae of the two are not sharply distinguished, as far as we know at present.

The type locality for the moment may be taken as Qb. Seca and Rio Engabao to the east of Ancon and along the sea cliff between, as defined by early geologists in the area: but work in progress will probably enable us to restrict this locality and define it more precisely.

Ancon Point Formations

These are the youngest beds exposed in our area and are magnificently displayed on the Ancon Point peninsula. Originally thought to be Oligocene in age on the strength of a molluscan fauna, it is now generally recognised that they are Upper Eocene. Their distribution is not very well known, though another outcrop occurs a little west of Punta Mambra and much of the country north of Santa Elena as far as Centinela is underlain by them.

At Ancon Point 400 feet are exposed, which consist of massive sandstones, usually characterised by brownish-yellow weathering, interbedded with papery chocolate shales. There is one striking bed of white sandstone, and two of the massive brown weathering sandstones contain immense concretionary masses which weather out in a characteristic fashion. Two or three horizons of impersistent, impure limestone occur which provide most of the molluscan fauna. Altogether these beds show the greatest lithological contrasts of the succession in this area.

Their relationship to the underlying beds is quite uncertain. At Ancon Point a massive sandstone which has some curious conglomeratic

features is seen resting on a bedded clay at one locality but it is not certain whether this clay is the top of the Seca Beds of not. If so, there could be an unconformity at this horizon, though probably not a strong one. On the other hand it may be that these beds replace some of the upper parts of the Seca Beds.

III. STRUCTURE

Tectonically it must be admitted that we know next to nothing about the area, as yet. The La Cruz fault line, our limit on the east, runs NNW-SSE, and is apparently composed of a number of anastomosing faults cut by cross faults, so that it forms a fault zone rather than a single line. No previous analysis or description of these faults is available to me, so it is not possible to comment on their tectonic significance, beyond mentioning that, as mapped, they strongly suggest a pattern of NNW-SSE normal faults cut by the usual complementary pattern of wrench faults (vide Anderson, 1951), and presumably initiated by stresses en ENE-WSW or almost E-W lines. This is quite at variance with claims that the Azucar Sandstones of the inland areas are folded into a parallel series of anticlines and synclines running NE-SW: and this in turn in no way agrees with a suggested younger set of NW-SE folds in the coastal area between Santa Elena and Colonche. Until this whole area has been properly remapped and examined critically, it is impossible to say what the structure is, though it is probable that it will not be particularly like what has been suggested, since all previous workers have been confused by, and have failed to recognise the significance of, numerous Cretaceous outcrops throughout the inland area.

In spite of our basic tectonic ignorance, one cannot overlook the obvious facta that a ridge of early (Cretaceous and Palaeocene) rocks acts as a backbone to the area, running east or south of east from Punta Santa Elena for more than 25 kilometres. On either side this is flanked by depressed areas in which sediments of Lower to Upper Eocene are preserved. The whole could be essentially a large anticline, but it is much more likely that faulting provides the main tectonic control and that this ridge is a horst.

Some details of structure are beginning to appear as the area is reworked and it seems certain that the main stresses were essentially from east and west, because such folding, as has been recognised so

far, and the normal faulting trend approximately north and south. In the Chanduy and Estancia Hills the dominant strike is slight more NE-SW but this may be a local departure from the rule, particularly since in that part of the area the La Cruz fault line seems to swing away east from its general trend. In the peninsula area west of La Libertad north-south normal faulting has been identified in places and probably that district is composed of a mosaic of fault blocks, now exposing Cretaceous, now Palaeocene.

One of the most striking topographical features of the area is the remarkable straightness of the southern coast of the peninsula from Punta Mambra to Punta Santa Elena, which at Ancon Point alone is interrupted most abruptly by a small peninsula. This peninsula is clearly faulted on both sides by normal faults running north-south and forming a small graben: and the straightness of the rest of the coast is most probably due to strong wrench faulting of the sinistral system, since there is definite evidence at Ancon for just such faults running inland at very low angles to the coast and becoming more or less parallel to it further inland. This pattern, in fact, may provide a clue to the general tectonics of the whole peninsula area.

IV. DISTRIBUTION OF OIL FIELDS

There are only two fields of any importance at present known within our area (Fig. 3). These are the Ancon area and the district between Salinas, La Libertad and the south coast of the peninsula. The Ancon oilfield covers an area of about 45 square kilometres on the coast just east of Ancon Point and consists of several pools, more or less distinct both stratigraphically and topographical. The other area, for convenience called the Salinas oilfields, partly because the pools lie entirely within the Salinas Canton and partly because of the proximity of Salinas itself, is not yet so clearly defined, but apparently consists of two or three distinct pools.

Apart from these, there are several localities nearer to Santa Elena where oil occurs in small quantities, viz the Cautivo, San Francisco and Beatriz Elena claims.

Ancon Field

Naturally a great deal of information is available for this field and it is largely on the strength of this that the preceeding stratigraphical

discussion for all the younger strata above the Azucar ("Atlanta") sandstone is based. The succession on the field is, in fact, that already given, viz:

Socorro Series	Seca Beds	Seca Clay Shales Cacique Beds
	Socorro Beds	
	Clay Pebble Beds	

Azucar ("Atlanta") Sandstones

The strata down to the upper part of the Clay Pebble Beds are exposed at the surface. but below that stratigraphically the rocks are only known from wells. The succession below the Azucar Sandstone is too uncertain at present to be worth discussing.

Even in this small area, however, and in spite of an enormous amount of drilling there is still a great deal of uncertainty about correlations of strata from one side of the field to the other. The chief anomalies occur as regards the development of Socorro and Clay Pebble Beds, with the suggested "Passage Beds" at their base. It is most probable that all these vary in thickness at the expense of one another, and that this is due to facies changes from Clay Pebble to Socorro type of sedimentation. We still have a great deal to find out in this matter, before details are clear, but it seems likely at present that the Clay Pebble lithology thins out eastwards being replaced below by Socorro-type sedimentation in the form of bedded sandstones and clay shales. Quite possibly the Socorro Beds thin also in the same direction, being replaced by Seca-type clays or marls in the upper part.

The structure of the field is also still doubtful in certain areas, owing to the fact that early ideas of thrusting and gravity sliding prevented the true appreciation of simple geological facts. In the immediate coastal area of Ancon itself it is perfectly plain that the strata are folded into a gentle anticline with some complication by faulting and subsidiary folding in the crestal area. The dips on either flank are no more than 15° on the average and in themselves refute the idea of thrusting. This structure appears to plunge northwards inland, but is soon cut off by faulting; but in that direction our resurvey of the area


OILFIELD AREA OF S. W. ECUADOR
Pta Sta ELENA
SALINAS
PETROPOLIS
CAUTIVO
LA LIBERTAD
SANTA ELENA
SAN FRANSISCO
Sta PAULA
Pta CARNERO
Pta ANCON
ANCON
Sta TOMAS
S. MARCHANT THE PETROLEUM GEOLOGY OF S. W. ECUADOR FIG. 3

Figura 3.

has not proceeded very far. Also there is quite obvious and definite faulting at Ancon which can be explained as consisting of N-S normal faults, cut by a system of dextral and sinistral wrench faults running E-W and NW-SE respectively, the latter being perhaps the dominant member and, as already mentioned, probably controlling the coast line. It is probable that a similar simple anticlinal fold or dome, cut by quite prominent faulting, exists in the Santo Tomás area about 5 kilometres south east along the coast from Ancon, but details are not yet known. At Tigre, some eight kilometres north of Santo Tomás and forming the north-eastern apex of the Ancon oilfields area, a similar sort of condition may exist but much less is known of the geology of this locality.

There is a clear distinction in the origin of the oil in this field. Partly it comes from sandstones within the Socorro and occasional within the Clay Pebble Beds, which may be termed shallow oil; there are three main accummulations of this oil in the area, at Ancon itself, at Santo Tomás and at Tigre, all quite clearly delineated and essentially connected with structural highs, at least for the first two. The rest of the oil, or, as it may be called, deep oil comes from the Azucar ("Atlanta") Sandstone. So far attempts to explain this latter accumulation in terms of geological structure have failed. Wells into the Atlanta Sandstone over the whole field are liable to produce oil, but apparently their quality as producers varies haphazard. No doubt this accumulation is connected to some extent with the general anticlinal nature of the oil field area, but it is also possible that faulting, by fracturing of the rocks, has set up special conditions of accumulation.

Salinas Oilfields

Oil occurrences at Petropolis near Salinas and between Muey and La Libertad have been exploited for many years in a small way without much clear idea as to the geological milieu, except that it has always been realised that the oil is associated with the chert bearing sediments, now clearly established as Cretaceous in age. Recently these areas are becoming more definitely established as distinct oilfields, though possibly again of a somewhat unconventional form. The oil occurs in the highly fractured, hard, brittle argillites and radiolarites with chert stringers and nodules of the Santa Elena formation, and it seems that the reservoir is entirely due to secondary porosity caused by fracturing.

At present the main areas of exploitation are at Petropolis, the headland east of Salinas, and in parts of the San Raimundo and Santa Paula claims east of Muey. The productive areas seem to be decidedly limited and it is possible that again faulting, which may be well marked thereabouts, plays an important part in the structure. The lack of certainty about the general geology of these fields is chiefly due to the difficulty of establishing a recognisable succession in the Cretaceous.

V. HISTORY OF OIL DEVELOPMENT

The occurrence of oil in the peninsula area of Santa Elena has been recognised since antiquity. Along the north coast of the peninsula proper, from La Libertad westward, various active seepages exist and at other places developments of impregnated sands and surface deposits known as "tierra brea" occur. These were undoubtedly exploited by the early Spanish settlers and mariners, and it has been said that the pre-colonial inhabitants did so also. The method of exploitation was by digging pits to a depth of about 20 feet, at the bottom of which the oil accumulated and was then hauled out by hand. This method is still employed in several areas of oil pits from Santa Elena westwards to Petropolis: and no doubt in these areas the exploitation of surface oil has been continuous from early colonial times at least to the present day.

Modern interest in the area seems to have developed about 1900 and by then or somewhat later most or all of the area with which we are dealing was taken up in claims, many being held by private individuals. For some years what activity took place, was largely concentrated round the known areas of shallow oil pits: but in 1911 operations were begun by a small independent English company on the coast of Ancon Bay, probably having been attracted to the area by the active oil seepages which occur in the sea along this shore and perhaps by geological considerations. The first well was drilled to over 2000 feet and encountered some oil, but apparently was abandoned less than two years later. However, it continued to produce oil intermittently and by 1919 after changes in ownership of the claims further exploration drilling was started in the vicinity, presumably stimulated by behaviour of this first well. From this start the delineation of the oilfield area at greater or less distances from proved producing wells. Considerations Ancon was gradually made, chiefly by means of outstep wells to a

of geological structure did not play a great part in controlling development since to a large extent geological thought at the time was dominated by ideas of thrusting and gravitational sliding which more or less denied any intelligible structural control of the area. Coupled with very real difficulties in correlation due to probable facies changes and the decided monotony of the lithology this made progress rather slow and uncertain, as regards deep well drilling. Shallow production was discovered more or less fortuitously, at least in the Santo Tomás area which was found in 1947.

In the Salinas oilfields it has largely been a question of gradually drilling deeper since the early years of the century when production was solely from open pits. The development here was also handicapped for a long time by the failure to recognise the Cretaceous age and sedimentary nature of the strata containing the oil.

It is only recently that a more realistic geological approach is beginning to answer some of the fundamental geological problems of the whole area, so that development of these oilfields can be raised from empiricism.

VI. EXPLOITATION OF THE OIL POOLS

The shallow oil at Ancon, as has been stated, comes from the Socorro Beds almost entirely and these consists of relatively thin sandstones interbedded with grey clay shales. The completion of these shallow wells has always been by setting a preperforated liner across the whole of the Socorro succession without any attempt to isolated particular sands. This has been thought unavoidable because so many thin sands occur all of which could and perhaps do contain oil, as is evidenced in exposures of oil bearing sandstones in the Socorro Beds on the sea-cliff. On the other hand few attempts have been made to find out whether certain thicker sandstones are the chief or possibly sole producers. Moreover, shallow wells have usually been spaced very closely on the theories that the sands are either lenticular or else sufficiently dislocated by small scale faulting to make this necessary.

The production of deep ("Atlanta") oil at Ancon presents probably greater difficulties. It has not yet been possible to prove the presence of any conventional reservoir within this sandstone, and adjacent wells often show little or no resemblance in their electric logs or production. In the early days the setting of preperforated liners in the "Atlanta"

Sandstone was the standard practice, but technical improvements or logging methods chiefly since 1950 have enabled better efforts to be made to isolate productive intervals. It is now customary to select the porous intervales from composite Schlumberger logs, and according to their distribution to set a combination string with preperforated liner opposite concentrations of such intervals, or to gunperforate them. Some such efforts are evidently successful and others less so, so that it is clear that the problems of producing from the "Atlanta" sandstone are not yet solved.

In the Salinas oilfields the producing intervals of fractured argillite or radiolarite, often with chert nodules, can be picked out readily in the electric logs, and gas or oil shows frequently occur when they are reached in drilling. Most of the completions are made by setting preperforated liner across the interval selected from the electric log, but in some wells where more than one probable producing horizon have been found, gun perforation has been used.

Owing to our ignorance of the exact nature of the reservoir in nearly all cases, as has been repeatedly mentioned already, it is almost impossible to say what the drive is in the different pools. Nearly all wells at Ancon have to be put on the pump or operated by gas lift from the start, though some of the "Atlanta" wells flow for longer or shorter periods. Water tends to come in eventually in some of the shallow areas, where water drive may be the factor, though conditions are probably very complex if many of the thin individual sandstones are producers. It is in general rare to find water in the "Atlanta" wells, though instances exist, and it is likely that solution gas drive is the force, while in the Salinas oilfields gas is generally present often at considerable pressures and presumably acts as the motive force.

VII. DRILLING AND PRODUCTION STATISTICS

Drilling-exploratory wells.

	Oil	Gas	Dry	Total	% Successful
1946	0	0	19	19	—
1947	0	0	2	2	—
1948	0	0	5	5	—
1949	0	0	10	10	—
1950	0	0	3	3	—
1951	2	0	2	4	50
1952	8	1	16	25	32
1953	17	0	7	24	71
1954	17	1	5	23	78
1955	13	0	13	26	50

The figures since 1952 include many shallow holes drilled as step-outs around proved areas, i. e. semi-exploratory wells. This accounts for the apparently enhanced success in recent years.

Drilling-Development Wells.

	Oil	Gas	Dry	Total	% Successful
1946	35	0	0	35	100
1947	47	0	0	47	100
1948	53	0	0	53	100
1949	51	0	0	51	100
1950	52	0	1	53	98
1951	79	0	5	84	94
1952	105	0	3	108	97
1953	127	0	1	128	99
1954	146	0	1	147	99
1955	186	1	3	190	98

The figures for both exploratory and development wells apply solely to the Santa Elena Peninsula and the adjacent inland area which has been the subject of this paper. A varying amount of other exploratory drilling has been carried out by several different companies since 1945 in other parts of Ecuador. In both sets of figures shallow (less than 2000 feet) and deep wells (more than 2000 feet) are united. Roughly,

however, it may be assumed that 8-10% of the development wells driled each year are deep wells, and of the exploratory wells not more than 3 in any one year are deep tests.

Yearly Production-in barrels.

1946	2.366,946
1947	2.426,522
1948	2.610,717
1949	2.615,051
1950	2.691,293
1951	2.741,935
1952	2.904,473
1953	3.039,723
1954	3.194,310
1955	3.591,827

Total cummulative production 61.420,534.

VIII. EXPLORATION

It has probably been made clear enough in this report that in many respects our geological knowledge of this western part of Ecuador is very restricted. What is chiefly lacking is a proper geological map of this part of the country. For the past year or two efforts have been made to remedy this and resurveys of the whole area are being undertaken. At present two to three geological parties are in the field, partly carrying out reconnaissance of the more inland areas and partly revising and reviewing detail in the area of proved oilfields. No other exploratory activity is being undertaken for the moment.

IX. BIBLIOGRAPHY

ANDERSON, E. M. *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation.* Oliver and Boyd, Edinburgh, 2nd. Edition, 1951.

BROWN, C. BARRINGTON. *On a theory of gravitational sliding. applied to the Tertiary of Ancón, Ecuador.* Q.J.G.S., xciv, 1938, pp. 359-370.

— and R. A. BALDRY *The Clay Pebble-bed of Ancón* (Ecuador). Q.J.G.S., lxxxi, 1925, pp. 454-459.

SHEPPARD, G. *Geology of S. W. Ecuador.* Thos. Murby and Co. London 1937,

STAINFORTH, R. M. *Applied micropaleontology in coastal Ecuador.* Jour. of Paleo., 22 (2), 1948, pp. 113-151.

THALMANN, H. E. *Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador.* Bull. A.A.P.G., 30 (3), 1946, pp. 337-347.

PERÚ

GEOLOGIA Y PETROLEO EN LA FAJA SUBANDINA PERUANA

Por Werner Rüegg[1]

RESUMEN

Se bosqueja un cuadro de las formaciones del Llano amazónico o Selva del Perú y se discute su potencialidad petrolífera.

Estas formaciones se extienden del orógeno andino al antepaís brasileño y se desarrollaron en cuencas pertenecientes a diferentes ciclos deposicionales. Constituyen gruesas series paleozoicas y mesozoicas con predominio de facies marina, cubiertas por potentes sedimentos terciarios casi exclusivamente de origen continental.

En la hoya septentrional mejor conocida, los mayores grosores sedimentarios se hallan sobre una línea NNW a SSE que sigue el Huallaga. Hacia Levante se producen graduales cambios tanto de facies como de potencia.

Se reconocen tres provincias principales con rasgos propios: la Cordillera Alta, la Faja Subandina, la Antigua Brasilia; división que obedece sobre todo a distintivos geomorfológicos que muchas veces no se ajustan a la realidad estructural profunda. Afectaron el vasto territorio oriental diferentes plegamientos, como el Herciniano, Nevadiano y Andino-postmiocénico, con movimientos subsidiarios recientes. Resultaron así cantidad de estructuras con secuencias caracterizadas por discordancias paralelas y angulares, que encierran lagunas estratigráficas frecuentemente apreciables.

La presencia de rocas madres como de rocas con capacidad almacenadora y de estructuras favorables a la acumulación de hidrocarburos, ha estimulado últimamente fuertes inversiones en prospección y perforación de petróleo.

ABSTRACT

An outline is given of the formations underlying the Amazon plain or jungle of Peru, and its petroleum possibilities are discussed.

These formations extend from the Andean orogene East to the Brazilian foreland and are developed in basins belonging to different cycles of deposition. They consist of thick series of Paleozoics and Mesozoics with predominatingly

1 Prof. en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, y Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

marine facies, covered by Tertiary sediments which are almost entirely continental in origin.

In the best known Northern basin, the greatest thicknesses are formed along a NNW to SSE line which follows the Rio Huallaga. Towards the East, changes gradually take place both in facies as well as in thickness. Three principal provinces are known, each with its individual outline: The High Cordillera, the Subandean Zone and the Ancient Brasilia, provinces which are due above all to their distinct geomorphological characteristics, and which often do not conform to the underlying (geological) picture. Various and different uplifts have affected this vast territory; such as the Hercinian, the Nevadian and the Andean-post Miocene, together with minor recent movements. Thus there have resulted a number of structures with sequences characterized by parallel and angular discordances, causing stratigraphic gaps which are frequently quite appreciable.

The presence of source beds as well as porous formations together with structures favorable to the accumulation of oil has stimulated recently large expenditures for exploration and drilling.

UBICACIÓN, FISIOGRAFÍA Y PROPÓSITO DEL TRABAJO

La región objeto de esta memoria es la parte del territorio peruano que se encuentra entre las escarpas orientales de la alta Serranía y las vertientes occidentales del escudo brasileño. Participan en su configuración y composición tres entidades cardinales que de Oeste a Este se destacan en principio por su morfología: 1) La Cordillera Alta, de la que nos ocupamos muy poco, 2) la Faja Subandina propiamente dicha, que es la zona de los contrafuertes y espolones andinos y de sus planicies aluviales antepuestas, 3) El Cratón o Vieja Brasilia, es decir el borde externo y ascendente de su plataforma hundida, zona difícilmente distinguible en medio del llano general. Se trata entonces de terrenos generalmente bastante bajos, pero no obstante se hallan interceptados por cordones y ramales que a veces incursionan lejos en la cubeta más plana. En su totalidad dan la impresión de una llanura inmensa, por lo que se conoce con el nombre de "Llano amazónico" o "Selva del Perú". Empero, más en uso es la designación de "Oriente peruano" o el nombre impropio de "Montaña", el cual suele evocar un concepto erróneo.

Esta gran área incluye en el sector septentrional los ríos Marañón, Huallaga y Ucayali-Urubamba, que unidos toman el nombre de Amazonas, y en el sector meridional los ríos Manú, Alto Madre de Dios e

Inambari, que forman el Madre de Dios. Resultan así dos cuencas colectoras, que con todo pertenecen a un solo sistema de drenaje general, el del Amazonas. Donde estos ríos prorrumpen de los cerros descollantes y estribaciones, la nota dominante de sus cauces es accidentada y caracterizada por canales precipitosos y cañones infranqueables. Muy al contrario, en el antepaís uniforme y troncal, los mismos ríos parecen divagar lenta y pausadamente, constituyen meandros, y a la par un laberinto de islas, lechos abandonados y nuevos, malecones y pantanos. En las postrimerías de la estación lluviosa anegan muy vastas comarcas, inundaciones periódicas que pueden alcanzar una tercera parte de los terrenos aquí discutidos.

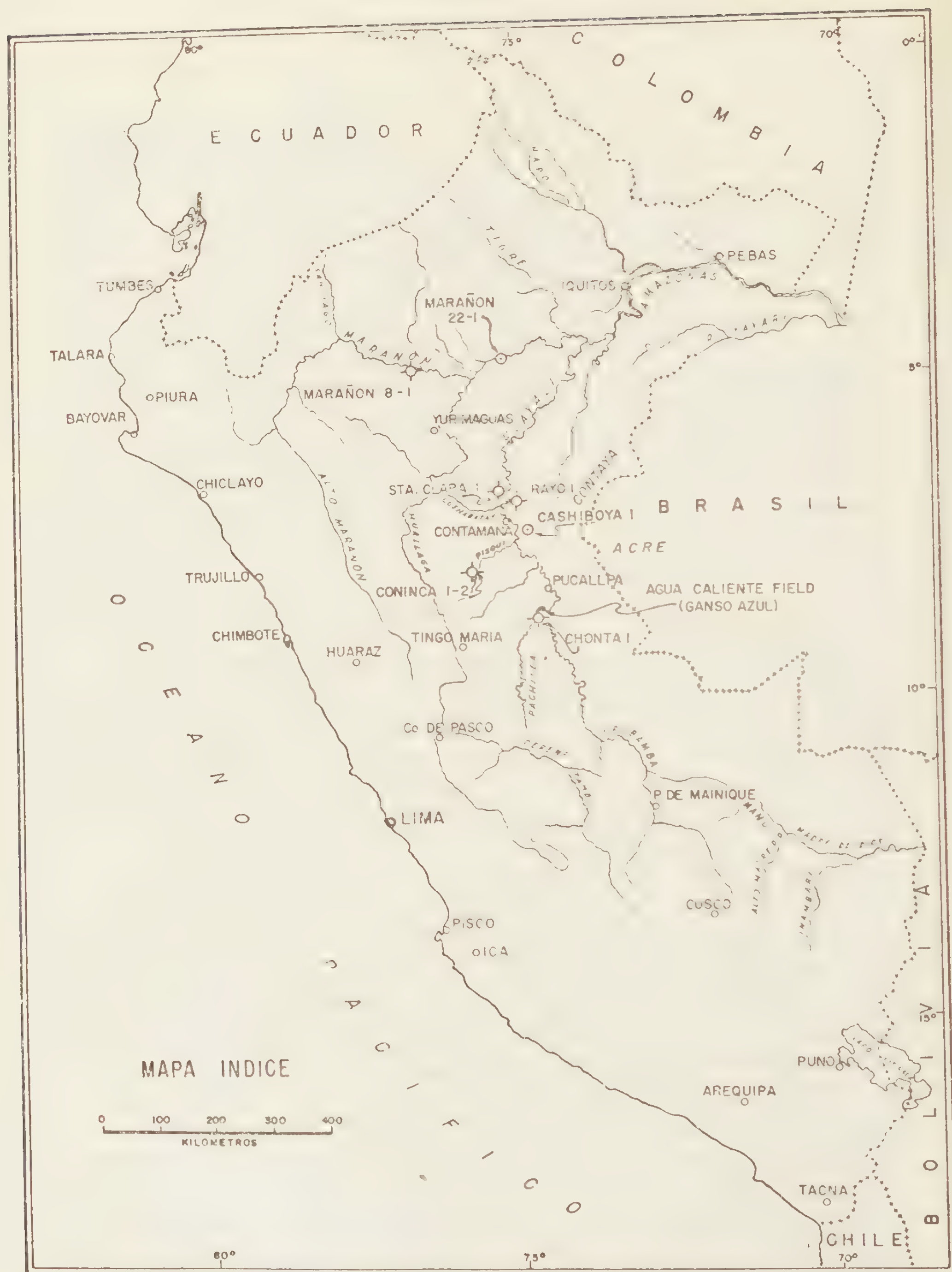
En el sentido geológico, la región materia de este estudio, representa un sector del extenso cinturón del antepaís andino, y como tal se encuentra entre los cordones de pliegues cordilleranos y la antigua masa cristalina. Como escenario de sucesivos ebahamientos acumulativos y repetidos episodios orogénicos, esta gran cuenca altiamazónica ha evolucionado hasta constituir a todas luces terreno geológico atractivo para una política petrolera de considerable envergadura.

Los datos aquí reunidos tienden a establecer una síntesis del conocimiento que se tiene en la fecha acerca de la estratigrafía, estructuración e importancia del petróleo de la Amazonía peruana, pero sin incluir información confidencial alguna, de las Compañías directamente interesadas, que por sus recias y costosas investigaciones están lógicamente mucho mejor enteradas.

ESTRATIGRAFÍA

Una estratigrafía de sólo la Faja Subandina no existe; siempre está relacionada íntimamente con la litología de las entidades que la circundan. Por lo demás, lo que tratamos en este capítulo, es sencillamente el intento de un cómputo y resumen de los fundamentos resultantes del estudio estratigráfico realizado hasta hace poco en el Oriente peruano, en combinación con áreas adyacentes.

Las formaciones de que consiste esta parte del Perú abarcan rocas ígneas, sedimentarias y metamorfisadas, de distinta composición, facies, edad, distribución y potencia. Según la evidencia de fauna y flora, las unidades aflorantes son escalonadas en orden de sucesión desde el Paleozoico hasta el Presente. Cabe agregar, que el grado de



COLOMBIA
ECUADOR
TUMBES
TALARA
PIURA
BAYOVAR
CHICLAYO
TRUJILLO
CHIMBOTE
HUARAZ
LIMA
PISCO
ICA
MARAÑON 22-1
MARAÑON 8-1
IQUITOS
PEBAS
YURIMAGUAS
STA. CLARA I
RAYO I
CASHIBOYA I
CONTAMANA
CONINCA 1-2
PUCALLPA
AGUA CALIENTE FIELD (GANSO AZUL)
CHONTA I
TINGO MARIA
Co DE PASCO
P DE MAINIQUE
CUSCO
PUNO
AREQUIPA
TACNA
CHILE
BRASIL
ACRE
BOLIVIA
OCEANO PACIFICO
TIGRE
MARAÑON
ALTO MARAÑON
HUALLAGA
PACHITEA
PISQUI
CONTAYA
MAPA INDICE
0 100 200 300 400
KILOMETROS
0°
5°
10°
15°
70°
75°
80°

la condición de sus asomos, del metamorfismo a veces profundo y regional y de la existencia de series "comprehensivas", con ningún o escasos fósiles diagnósticos, dificultan e imposibilitan la clasificación de complejos importantes. Semejantes propiedades son especialmente conspicuas en secuencias antiguas, de suerte que podrán encerrar unidades de edad hasta en la actualidad desconocida, a saber comprender formaciones cámbricas o hasta precámbricas. Pasemos entonces a la reseña de las rocas más antiguas, en esencia primarias.

I. *Rocas del Basamento:*

A esta categoría queremos asignar todas las rocas ígneas y cristalinas que integran el genuino cimiento o zócalo del Sistema andino, de la Selva peruana y de la franja marginal del Escudo. En ella excluimos las metarocas derivadas de sedimentos paleozoicos.

Empero, tales rocas más bien no las hay, o no se ha llegado a definir su exacta pertenencia. Así, en el Sudeste de la faja subandina, en el sistema hidrográfico del Inambari, Alto Madre de Dios, Manú etc., no aflora el verdadero basamento. Lo que se observa son variedad de filitas, esquistos y hornfels en desarrollo con andalusita, cordierita, mica, etc., que en potentes paquetes siguen en concordancia debajo de lutitas ordovísico-silúricas, que son clásticos transformados por el emplazamiento de plutones de dimensiones batolíticas, visibles en sus contactos, J. A. Douglas, 1933, H. Gerth, 1955. Pero va por sí, que estos complejos de gran repartición no concuerdan con las rocas de basamento definidas más arriba, las cuales, dentro de la referida área, constituyen una incógnita.

Los datos a que llegaron los estudios en el Norte y Noroeste del Perú, o sea en la cuenca del Alto Amazonas, procuran dar pormenores más satisfactorios. Es de la red fluvial controlada por el Pachitea y del Alto de las Montañas de Sira, que se advierten rocas del dominio aparentemente basal. En general son granitos, que en algunos sitios se hallan directamente cubiertos por calizas transgresivas carbopérmicas. Así, por ejemplo, los eruptivos colectados en los tributarios Llullapichis y Pintuyacu caracterizan granitos rojizos comunes, y otros grises, horneblendico-biotíticos. Algunos rodados también analizados, de procedencia desconocida, deben provenir de traquiandesitas y masas porfiríticas de origen hipabisal y edad claramente más moderna.

Al profundizarse el pozo Agua Caliente No. 1 en el campo Ganso Azul, Bajo Pachitea, y después de haber atravesado las series del Cretácico y Paleozoico, se dió con un granito color clavel, de contextura equigranular, algo más arriba de la profundidad total de dicha perforación, que es 1563.3 m.

Del zócalo granítico muy antiguo constan también las zonas situadas más al Sur, donde lo hemos mapeado en el valle de Chanchamayo, desde San Ramón a La Merced y río Perené abajo. Trátase de un granito rosado, de grano muy grueso, que se destaca por la casi falta de ferromagnesianos y composición por trechos de sólo cuarzo y microclina en estructura pertítica. Pertenece a la parentela alcalina-atlántica, y parece formar parte de la plataforma brasileña. Ya ha sido mencionado por J. A. Douglas, 1921, P. W. Chase, 1933, y posterior a nuestro relevamiento aún inédito, por J. V. Harrison, 1953. En consecuencia, y en vista que no media metamorfismo entre los diferentes granitos antes enumerados y los sedimentos sobrepuestos, debe inferirse que dichos eruptivos son de edad infrapaleozoica, o probablemente más antigua.

A otra roca ígnea, una sienodiorita, se llegó a los 746.5 m de la boca en el pozo Rayo No. 1, sobre el curso medio del Ucayali. Ya que rocas similares son componentes del cratón en el cercano Acre-Brasil, es de suponer que el núcleo sacado del aludido pozo también corresponda al protobasamento.

II. *Paleozoico:*

Sobre un macizo basal o montaña primitiva trunca, cuya naturaleza, como acabamos de anunciar, se desconoce sobre inmensas áreas de la Selva, aparecen sorpresivamente clásticos paleozoicos, asentados visiblemente en un amplio y longevo espacio deposicional. La era a que pertenecen la dividimos en: 1) Paleozoico Inferior, y 2) Paleozoico Superior, distinción acostumbrada y singularmente indicada por la existencia, en nuestro caso, de dos mayores transgresiones marinas, que por sus particularidades y trazas llegan a separar dos sistemas netamente peculiares.

1. *Paleozoico Inferior:*

Estas acumulaciones ocupan grandes espacios desde el Oriente ecuatoriano, H. J. Tschopp, 1953, a través del Perú Central y Sureste,

G. Steinmann, 1929, J. V. Harrison, 1943, al Caupolicán y Chaco boliviano, O. Welter, 1933, F. Ahlfeld, 1946, y allende hasta la Argentina noroccidental, K. F. Mather, 1922, T. H. Hagermann, 1933, O. Schlagintweit, 1936. Se apoyan verosímilmente sobre la periferia de la vieja masa brasileña o estructuras superimpuestas aún no despojadas de su vestidura. Significan en el Perú los estratos más viejos cuya posición geocronológica exacta ha sido factible fijar por la presencia de una favorable facies, graptolítica en el Silúrico, y de braquiópodos en el Devónico.

Comparativamente mejor conocidas son las secuencias aflorantes en la hoya subandina suroriental, merced a las excelentes investigaciones de J. Balta, 1897/98, C. Lisson, 1913/24, J. A. Douglas, 1920, 1933, H. Gerth, 1915, 1955. Estas se componen de lutitas y pizarras negruscas, areniscas finas y cuarcitas de color blanco, rojizo y olivo, con intercalaciones de lajas arenomicáceas y exiguos conglomerados. Son expuestos en la cadena de Sandia y Carabaya y valles superiores, desaguados por el Inambari, San Gabán, Marcapata, y hacia el NW hasta en el Manú. El hecho saliente es que la litología es enormemente uniforme y sin solución de continuidad por centenares y miles de metros de potencia, circunstancia que en el campo no consiente separación práctica en entidades individuales. Comienzan posiblemente debajo del Ordovísico y continúan, inalterables y como genuinas series comprehensivas, al Devónico Medio. Donde se obtienen fósiles, resultan indicar una edad bastante precisa, como en las comarcas de Chaquimayo y Quintari, donde J. A. Douglas logró los hallazgos clásicos de la fauna del Llanvirniano y Llandeiliano, o en otras donde se estableció el Gotlándico y Devónico.

Estas series pasan a menudo y concordantes a filitas y otras metarocas ya anteriormente citadas, las que ocurren en gruesos paquetes en las secciones más bajas ordovísicas, por lo que bien podrían incluir unidades de mayor edad. Su intensa alteración se la deben a intrusiones que en su mayoría comprenden granitos en facies alcalina con llamativo porcentaje de cuarzo y presencia de microclina. Afloran también sienitas, eleolitas y fioaitas, que junto con aquéllos suelen transitar a gneises bandeados. Por su naturaleza son obviamente rocas extra-andinas, propendientes a rocas de la gran provincia brasileña. Mucho menos abundantes son monzonitas, gabbros y diques melanócratos, que en su conjunto parecen posterior a los plutones ácidos.

Dentro de la secuencia eopaleozoica no se nota interrupción que señalara movimientos caledónicos. Pero los estratos terminales del Devónico Inferior-Medio se hallan erosionados, y en su pendiente se acuestan con franca angularidad, formaciones más recientes. En efecto, se trata de una laguna estratigráfica que abarca todo el Devónico Superior y parte o la totalidad del Carbónico Inferior; es un intervalo de recia denudación. El evento orogénico responsable de la regresión y emersión generales puede identificarse con una fase tempranera hercínica. Este plegamiento, precursor de la grandiosa edificación de las Cordilleras, dió lugar a un alabeo general, y sincrónicamente, en tiempos supradevónicos, o a más tardar infracarbónicos, acontece la movilización de los batolitos graníticos dentro de los sedimentos en plena convulsión.

Ahora, en lo que respecta el Eopaleozoico en la Selva noroccidental, debemos recalcar, que estas regiones son cobijadas por espesos aluviones, de suerte que las exposiciones de viejos terrenos son limitadísimas. Son las expediciones en el Ucayali Superior y sus afluentes Urubamba, Vilcanota, y otros, especialmente por I. Bowman, 1916, y Arn. Heim, 1948, que nos han elucidado la geología de estos parajes. Consiste el Paleozoico Inferior ahí, de lutitas, areniscas y grauvacas y de esquistos sericíticos y cloríticos, chiastolitas y filitas. El extenso grado de transformación es obra de una gama de eruptivos, desde granitos hasta dioritas, los que originaron además orto y paragneises, amfibolitas, etc. El grueso de todo este conjunto se atribuye al Devónico, pero también asoma el Silúrico. Sin embargo, Arn. Heim., op. cit., opina, que ciertas migmatitas y micacitas podrían considerarse hasta precámbricas; estima además que el grosor sólo de las grauvacas llega a varios km y que su material detrítico, de un modo señalado, proviene de un plegamiento muy antiguo.

Otro importante descubrimiento efectuaron D. Fyfe e I. Tafur, en 1942, al NE de Contamana, sobre la frontera con el Brasil, en el Alto de Contaya. Afloran en el núcleo de este gigantesco levantamiento unos 150 a 200 m de lutitas tenues, grisáceas y fosilíferas, cuya fauna graptolítica, según N. D. Newell & I. Tafur, 1943, indica la presencia del Ordovísico Medio, piso Chazian Inferior-Normanskill. En la base yacen cuarcitas macizas, de edad indefinida, y en el techo se recuestan, con discordancia angular, areniscas neocomianas y clásticos más recientes, incluso "Red beds" terciarias. Este testigo del Paleozoico In-

ferior, en medio de una inmensa jungla muy poca investigada, lo juzgamos bastante significativo. Por lo visto, a la región subyacen viejas formaciones, de cuya ocurrencia y preservación propenden una serie de factores, entre los cuales merecen citarse los ciclos de inmersión, plegamiento y erosión.

Muy instructivos datos a este respecto suministraron las perforaciones por petróleo, Coninca No. 2 en el Alto Pisqui, pozo terminado a una profundidad de 2748.0 m, en esquistos devónicos; y el pozo Agua Caliente No. 1, que también comprobó una sección infrapaleozoica, adosada en el zócalo granítico, como ya queda referido anteriormente.

En sinopsis concluimos, que ya se conoce una cantidad de localidades y regiones que por la similitud de su bio—y litofacies son típicas del Paleozoico Inferior. Es evidente que los mares del Mesoordovísico y Eodevónico han tenido mayor extensión de lo admitido hasta hace poco, y que sus sedimentos llegaron a depositarse desde el Oriente ecuatoriano hasta más allá de la Faja Subandina boliviana, en una artesa, tipo geosinclinal, más o menos continua. Somos de opinión, que estos yacimientos se extienden aún mucho más en dirección Este, debajo de las anchas planicies perú-brasileñas. En la Selva del Perú tienen por lo pronto un desenvolvimiento especialmente tangible desde el Alto Pisqui, pasando por el Pachitea y Urubamba, al Alto Manú e Inambari, lo que por razones de los recursos petroleros recibe atención justificada en la actualidad.

2. *Paleozoico Superior:*

Depósitos de este sistema se advierten a través de muchas regiones de la faja subandina y comarcas que la franjean. Ultimamente han sido comprobados igualmente en perforaciones, donde superficialmente no se los conocía. Se hallan discordantes, en paulatina transgresión sobre el substratum, reposando unas veces encima de secciones infrapaleozoicas, otras veces directamente sobre roca ígnea, circunstancia dependiente del lugar y de la magna denudación que influyó vigorosamente desde el final del período anterior.

Es el mérito de C. O. Dunbar & N. D. Newell, 1946, y N. D. Newell et al., 1949, de haber reagrupado dichos depósitos, de acuerdo

con la localidad tipo y demás criterios, en grupos bien definidos que son, de abajo hacia arriba:

Grupo Ambo, del Carbónico Inferior o Mississippiano, de facies continental.
Grupo Tarma, del Carbónico Superior o Pennsylvaniano, de facies marina,
Grupo Copacabana, del Pérmico Inferior, hasta Leonardiano Inferior, de facies marina,
Grupo Mitu, del Pérmico Superior (¿y qué persiste al Triásico?), de facies continental.

Cuando en el campo o en nuestra descripción no se llega a la deseada división entre el Carbónico Superior y el Pérmico Inferior, entonces se refiere simplemente al Carbopérmico.

Comienza el nuevo ciclo deposicional con las primeras emersiones de terrenos largamente hundidos durante el Eopaleozoico. Los productos iniciales de desgaste se apilan así en cubetas terrestres, formándose primordialmente conglomerados y areniscas de matices grisverdoso y amarillo-castaña, de estratificación indistinta o intercruzada, además lutitas arenosas plantíferas y ocasionales pizarras carbonosas. Donde es posible establecer su edad, corresponden al Carbónico Inferior, "grosso modo" al Mississippiano Medio, pero gruesas porciones de la columna superior quedan aún sin determinar. Estas secciones ocupan reducidas áreas en el extremo Sureste del país, sobre todo en el Alto Madre de Dios y Manú. Sus potencias son muy variables, sin embargo pueden medir holgadamente 500 metros. La serie en sí consta de un elemento estratigráfico bastante raro, y todavía no se lo ha observado en la Selva del Ucayali y Huallaga, circunscribiéndose el Grupo Ambo a zonas serranas.

La muy activa erosión y un incipiente descenso de vastas glebas modificaron el relieve de entonces, de suerte que una nueva transgresión marina logró anegar los bajíos, ocupando gradualmente rocas de diferente tipo y en diferentes momentos. Es de suponer, que este proceso requería no solamente parte de la época mississippiana, sino hasta parte de la pennsylvaniana. Es por esto, que la deposición del Carbónico continental habría continuado en determinados sectores hasta finalmente transitar en los sedimentos nuevos y marinos del Carbopérmico. Este conjunto puede comprender secuencias tanto del Grupo Tarma como del Grupo Copacabana, grupos que por su litología muy parecida y superposición paralela no se logran separar, salvo por razón de una meticulosa identificación de la microfauna.

En términos generales, el Carbopérmico es una sucesión monótona e ininterrumpida de calizas macizas, a veces porosas y bituminosas, claras a parduscas, que alternan con lutitas y areniscas color ladrillo, verdoso y chocolate. Prevalece un medio de aguas tranquilas y no profundas, con braquiópodos y fusulinas. Series de este tipo ocurren en sectores del Inambari, Alto Madre de Dios, Manú, Alto Ucayali-Bajo Urubamba, Perené-Tambo, Pichis-Pachitea y probablemente en las nacientes del Cushabatay, donde B. Kummel, 1948, encontró rodados con especies de *Productus* y *Fusulina*. Se constató el Carbopérmico, además en los pozos probatorios de Ganso Azul, Agua Caliente No. 1 —cerca de 1100 metros de grosor, por la mayor parte caliza pérmica— y Chonta No. 1; asimismo en el pozo Coninca No. 2, donde dicha serie descansa con un espesor aproximado de 350 m sobre el Devónico.

En el resto de la Selva peruana, el Paleozoico Superior marino no se conoce todavía, primero, por estar encubierto; segundo, por estar posiblemente erosionado. El último caso es aparente en Contaya, donde el Cretácico se coloca transgresivo sobre el Ordovísico, faltando el Carbónico, mientras que éste, Uraliano fosilífero, aflora solamente en las adyacencias de Acre-Brasil, según P. Moura & A. Wanderley, 1938. Debemos, por último, trasladarnos al Oriente del Ecuador, para seguir las avanzadas del mar neopaleozoico, ya que es aquí, donde describe H. J. Tschopp, 1948, 1953, su formación Macuma, que asigna mayormente al Pennsylvaniano.

En suma, del examen de la faja subandina resulta el cuadro de una antigua cuenca carbopérmica, arraigada por partes dentro de la Cordillera Oriental y el antepaís. Entendemos, que conforme a la información actualmente disponible, la máxima deposición de los Grupos Tarma y Copacabana combinados se ubica en la región del Pachitea, Perené-Tambo y Alto Ucayali-Bajo Urubamba, o sea una potencia de 800 a 1200 m; y que se hace patente una disminución de la misma hacia los cursos bajos del Huallaga y Ucayali, como también en dirección a la hoya suroriental del Madre de Dios, donde el espesor llega apenas a la mitad.

En el techo de algunas de las unidades discutidas arriba, siguen piroclastos, brechas y conglomerados volcánico-detritales y areniscas del Grupo Mitu. Tienen el aspecto de capas moradas y a veces del Verrucano abigarrado, tipo pudinga del Pérmico alpino. Con excepción en el Alto Urubamba-Vilcanota, parece faltar en toda la faja suban-

dina, y solamente hemos anotado unas secciones muy reducidas en la "Ceja de Montaña", a saber entre Huánuco y Tingo María, en el valle de Chanchamayo y en el Alto Pachitea. Constituye este grupo acumulaciones de volcanismo subsecuente muy activo luego del movimiento más importante de la orogenia herciniana. Dicho acto implicó en el Leonardiano Medio-Superior considerables sectores, por lo que el Grupo Mitu es en principio post-leonardiano, y yace usualmente en discordancia estructural con terrenos por éste afectados.

III. *Mesozoico:*

Subdividimos esta era en los siguientes capítulos parciales, los cuales, como unidades litológicas, no siempre coinciden con unidades geocronológicas exactas de períodos y épocas:

1. Triásico (Permotriásico-Jurásico).
2. Jurásico
   a. Formación Santiago o Boquerón Inferior
   b. Formación Chapiza o Boquerón Superior
3. Cretácico
   a. Agua Caliente
   b. Chonta
   c. Arenisca de Azúcar.

1. *Triásico (Permotriásico-Jurásico):*

Nuestros conocimientos acerca de rocas triásicas bien documentadas son nulos o muy escasos. A pesar de ello concebimos muy posible que las haya y en especial, que la acumulación de elementos del tipo Mitu habría continuado aún en el Trias, época por excelencia de actividad magmatológica regional. Es así, que en la Selva suroriental, Alto Urubamba-Vilcanota y serranías circunvecinas, asoman ciertas rocas extrusivas encima de grupos paleozoicos y a veces asociados con areniscas y arenolutitas multicolores de edad al parecer post-paleozoica. Se trata evidentemente de complejos postpérmicos, en su mayor parte en facies Mitu, que pueden ser triásicos y más recientes. Cabe añadir, que las monzonitas, dioritas y gabbros, referencia hecha en páginas anteriores, aparentan representar precisamente los equivalentes plutónicos de aquellas rocas efusivas, por lo que deben ser genéticamente relacionados y de la misma edad.

Psammitas semejantes a las mencionadas arriba, coloradas pero sin séquito volcánico, se aprecian sobrepuestas normalmente a calizas carbopérmicas, en los valles del Alto Madre de Dios. Citamos también las potentes areniscas y cuarcitas blanco-rojizas que en bancos parados definen los cordones subandinos cortados por el Inambari antes de entrar al llano. Según V. Oppenheim, 1946, H. E. Parsons, 1946, y otros, yacen ahí encima del Ordovísico, y transitan a la porción eminentemente arcillosa de la serie Quincemil, o Huayllumbe de J. A. Douglas, 1933, que la atribuyó al tope Cretácico o Terciario. Trátase en total de secuencias continuas o comprehensivas, en un habitat semicontinental a fluvial, comparable, como ya lo ha hecho H. Gerth, 1955, con el conjunto gondwánico del Noreste boliviano, las areniscas de Beu y Bala, inciertamente permotriásicas a jurásico-cretácicas, que pasan a las arcillas de Quendeque del Terciario subandino; véase también F. Ahlfeld. 1946. Y en virtud de que existe una sorprendente analogía entre los conjuntos de ambas regiones, parece razonable colegir que ciertas entidades arenáceas del Inambari, y otras en su continuación en el Alto Madre de Dios, comprenden depósitos desde el Permotriásico al Jurásico y más arriba.

A las formaciones generadas en cuencas cerradas, pertenecientes con bastante probabilidad al Triásico, atribuimos las evaporitas que en el área del Manú, y especialmente en las zonas de drenaje del Pachitea, Alto Pisqui y Huallaga, dieron origen a los domos de sal. Intruyen sistemas enteros desde el Jurásico Inferior —calizas liásicas— hasta el Terciario y vienen acompañadas de mucho yeso y acarreo de la roca atravesada. Se conoce cantidad de estos domos o afloraciones mayores de sales, y A. L. Hoempler, 1953, enumera 21, que estarían vinculados con fallas o ejes de pliegues. L. G. Weeks, 1948, y K. F. Huff, 1949, son de la opinión que la sal se ha formado en el Oxfordiano o generalmente en el Jurásico Superior, mientras que A. Rosenzweig, 1953, argumenta con mucha razón que la génesis de las rocas madres de evaporitas debe ser anterior al período aludido. Respecto a la intrusión y delineación estructural de los mismos cuerpos de sal, parece indiscutible, que se produjo al fin del Terciario, simultáneamente con el paroxismo cardinal.

El largo intervalo de aparente tierra firme al principio del Mesozoico, es entonces caracterizado por el deslave y peneplanización de las cadenas paleozoicas. Resultaron así clásticos preferentemente de grano

grueso, de colores llamativos y de agua salobre y dulce. Flocularon bajo condiciones idóneas óxidos, sal y yeso. En determinados sectores se realizó un cuantioso aporte de productos eruptivos. Sin embargo, el grueso de estos amontonamientos ya se habrá barrido en el transcurso de las épocas subsiguientes.

2. *Jurásico:*

El ingreso del mar jurásico del lado pacífico, con sus avanzadas orillas sobre la plataforma brasilera, y una larga etapa de conversión y ambiente terrestre, originaron nuevamente considerables clásticos formadores del manto rocoso de la selva. Aflora el Jurásico en prominentes y potentes secciones, pero queda claramente limitado al borde interior de la Alta Cordillera, estrechado "grosso modo" dentro del curso Medio y Superior del Huallaga, donde las isopacas revelan su mayor desarrollo. Consta de una parte marina inferior, la Formación Santiago o Boquerón Inferior, y una parte continental superior, la Formación Chapiza o Boquerón Superior.

a. *Formación Santiago o Boquerón Inferior (Liásico-Jurásico Inferior):*

Recibe su nombre del Oriente ecuatoriano, del río Santiago; es descrita en los acabados estudios de H. J. Tschopp, 1948, 1953. Nosotros la reconocimos en el angostamiento del Boquerón, o del Padre Abad, en cuya sección ocupa el núcleo de una estructura compleja. De ahí su paralelismo y nombre nuevo: Santiago o Boquerón Inferior; W. Rüegg & D. Fyfe, 1948, 1950.

La litología es bastante monótona, tanto en composición como en aspecto. Hay un fuerte predominio de una caliza grisploma a negra, fina a granular, de textura maciza hasta en lajas delgadas, en alternancia con calcáreos arenosos claros, de grano mediano, con chert nodular, lenticular o en láminas. Existen interestratificaciones de lutitas pizarrosas negruzcas, astillosas, y por grandes trechos bituminosas, con pasajes a arenolutitas color chocolate. En la mitad superior se advierten cambios ligeros en calizas silíceas, dolomitas y margas algo blandas, de matices ocres; ralos y siempre indistintamente diseminados son los horizontes de pizarras tufógenas.

La serie se propaga desde la Sierra Cucutú a través de los ríos Santiago, Marañón y Huallaga. Los grosores varían mucho debido al fuerte alabeo, fracturación y corrimiento. Mediciones en el Alto Huallaga, área de Tingo María y Boquerón, nos dieron así mucho más de 2000 metros de potencia, bajándose ésta a sólo 1480 m en zona poco dislocada. Es muy conspicuo que la formación se adelgaza rápidamente hacia el Este, sin llegar seguramente a la línea del Ucayali. Es notable que no ha sido señalada en ninguna perforación.

Las capas basales y su contacto inferior jamás los hemos observado, y el techo termina discordante. Fósiles no abundan y hay una escasa diversidad de la fauna. Son representantes de *Arietites* del Sinemuriano y unos pelecípodos, con predilección en facies margosa. Presumimos no obstante, que haya miembros más altos del Liásico. No se confirmó en los estratos más bajos la presencia de *Pseudomonotis*; por ello cae por lo pronto la prueba que la formación contenga elementos triásicos, que en nuestro juicio bien podría hospedar, máxime como se alojan en secciones andinas no muy distantes.

En suma, una ojeada regional convence, que por trechos ha vuelto a reactivarse la primitiva cubeta geosinclinal paleozoica; pero que en el espacio de nuestro interés no constituye sino una cuenca epicontinental, la cual, en las épocas a venir, siempre ha de modificarse, esencialmente al compás del mecanismo de compensación del antepaís.

b. *Formación Chapiza o Boquerón Superior (Jurásico Superior).*

Se la designa del río Chapiza, afluente del Santiago en el Oriente ecuatoriano, desde donde es original la descripción de H. J. Tschopp, 1948, 1953. La misma formación logramos ubicarla en el desfiladero del Boquerón, donde se apoya sobre la Formación Santiago o Boquerón Inferior, por lo que la llamamos también Chapiza o Boquerón Superior; W. Rüegg & D. Fyfe, 1948, 1950.

Casi en su totalidad es una gruesa serie de "red beds", edificada de areniscas rojas, verdes a pardas, muy toscamente banqueadas o con estratificación cruzada y de grano fino. Son intercaladas por lutitas y limolitas, color ladrillo, clavel, violeta-purpúrea, de buena u obscura textura, a veces micáceas o con mezcla de ceniza. De naturaleza episódica son conglomerados, fangolitas y piroclastas. Carácter regional

parece tener el cambio de la secuela en su tercio inferior, transitando hacia areniscas pálidas, duras, arenolutitas de diferente coloración, caliza gris, compacta, a menudo impura, y salpiedra y yeso. Tal desarrollo de la formación, da por sí una subdivisión en una porción inferior, semicontinental y otra superior, netamente continental y mucho más potente.

Las secciones examinadas se adosan en un extenso cordón contra los flancos del arco andino, ocupando la llamada Ceja de Montaña o "foothill zone". Afloran en el Santiago, Marañón, Medio y Alto Huallaga, por lo regular encima del Liásico, y en los Cerros Sira, río Tambo y Pongo de Mainique en el Alto Urubamba, según K. F. Huff, 1949, directamente sobre el Carbopérmico. No queremos descartar la posibilidad que también ocurren en el Madre de Dios e Inambari, quod vide bajo Triásico.

Los grosores mejor desenvueltos apreciamos en los perfiles muy empinados, volcados y en parte estrujados en las quebradas de la Sierra Azul, donde comprenden de 1680 a 1850 metros, particularmente en el Yanac-yacu. Hacia Norte y Levante, en las cabeceras del Pisqui, se advierte un marcado ensanchamiento y cambio de la litología. La formación no ha sido apreciada en los pozos Coninca No. 2 y del Campo Ganso Azul, pero aparece en un remate en cuña o "pinch out" en Rayo No. 1, de 685.8 m a 731.5 m profundidad, seguida por unos 15 metros de cuarcitas blanquizcas, duras, recristalizadas. Estas últimas, debajo de las areniscas café rojizas de la Chapiza, bien pueden ser añadidas a esta entidad. En su yaciente se halla una roca ígnea, pero no se presenta metamorfismo en su contacto.

Evidencian las relaciones estratigráficas, que la Chapiza descansa tanto sobre la Santiago como sobre rocas mucho más viejas. Su límite superior disparejo por larga remoción, lo forma el traslape del Neocómico. Y por más que hasta la fecha no se haya constatado presencia de fósiles, no queda mayor acierto sino el de considerar esta entidad como Jurásico Superior. Del estudio de la evolución geohistórica resulta además en que la inestabilidad y movimientos basculares instaron el retiro del mar liásico, culminaron después con la implantación de un régimen terrestre, y crearon finalmente una cubeta con fondo irregular intracontinental. Por ende se explica la existencia, en algunos afloramientos de una disconformidad, y en otros de una seudo-angularidad,

pero nunca hemos anotado rasgos de una discordancia estructural entre las formaciones Chapiza y Santiago, de lo que trataremos bajo Tectónica.

En esta relación es oportuno aludir a la Formación Sarayaquillo, llamada así por B. Kummel, 1948, nomenclatura tomada de un tributario del Ucayali. Consta de areniscas color gris a rojo intenso, en lugares alteradas en cuarcitas. Subyace con discordancia angular las psammitas del Cretácico Inferior, pero no está expuesta su base. Conforme al mencionado autor, la secuencia es pre-neocomiana y post-pennsylvaniana y correlativa con la Chapiza, con la cual comparte todas las características. Esta particularidad establece quizás razón suficiente para reemplazar este término con el de Chapiza. En contraposición, K. F. Huff, 1949, postula que la misma Sarayaquillo es más bien neocomiana, pero no aduce evidencias de ninguna clase.

3. *Cretácico:*

El preludio de este período coincide con el levantamiento, distorsión e incipiente erosión de la formación Chapiza en las postrimerías del Jurásico, sucesos engolfados por el plegamiento kimeriano moderno o revolución nevadiana. Efectivamente, el hiato entre la formación Chapiza y el Cretácico que la cubre es doblemente aparente, primero, por la discordancia tanto en rumbo como en buzamiento, segundo, por la falta de estratos que por destrucción ya sufrió la cima de aquella formación. Las diferentes facies reflejan claramente las etapas continentales, de transición y marinas, o sea el vaivén de regresiones y transgresiones que intervinieron durante este gran lapso. De abajo hacia arriba se logra una división principal en tres formaciones fácilmente reconocibles, la Agua Caliente, la Chonta y la Arenisca de Azúcar.

a. *Formación Agua Caliente:*

Ha sido nombrada Formación Areniscas de Agua Caliente una serie de clásticos que aflora en Agua Caliente, Bajo Pachitea, por R. M. Moran & D. Fyfe, 1933. Son varias las sub-entidades y nombres que, como pauta general, se ha tratado introducir, aunque su adaptación no es para sistematizar.

Es una serie esencialmente fluvial a lacustre, con una hasta dos avances marinas de aguas costeras, cuyos depósitos se declaran comúnmente en la porción media y en el tope. Son éstos los miembros Esperanza y Huaya, respectivamente, así bautizados por B. Kummel, 1948, los que no se internan, o sólo avanzan por corta distancia, al Este del Ucayali. Consta la formación Agua Caliente de fuerte predominio de areniscas finas a conglomeráticas, blancas, amarillas, moradas y manchadas de herrumbre. Son macizas o con textura intercruzada, torrencial, veteadas irregularmente o en forma de mantillas de concreciones férricas. Abrigan capas o conjuntos de limolita, fangolita, lutita pizarrosa y ocasionalmente caliza griscrema, arenosa. Las mayores potencias se obtienen del Pachitea, Cushabatay, Medio Huallaga y Sierra Cucutú Sur, donde miden de 1200 a 1800 metros. Sólo alcanzan la mitad o fracción de ésta en el Pongo de Mainique, río Perené, Sierra Azul, Montañas Contamana-Contaya y Bajo Santiago. Las anotaciones de las perforaciones arrojan las siguientes potencias: Ganso Azul-Chonta No. 1, 485 m; río Cashiboya No. 1, 506 m; Alto Pisqui-Coninca No. 2, 658 m; Canchahualla-Rayo No. 1, 685.8 m —faltando una parte de la cima por erosión—, cifras que dentro del área perforada indican un ligero anchamiento de la secuencia hacia Norte y Oeste. De la cuenca del Madre de Dios no disponemos de datos, ya que no se llegó a distinguir subdivisión alguna de las series comprehensivas ahí presentes, las que indudablemente incluyen unidades cretácicas.

Debido a una intensiva denudación, junto con una probable nodeposición en tiempos pre-Agua Caliente, la formación yace transgresiva sobre viejas superficies del Infra y Suprapaleozoico y Jurásico Pero sus camadas más altas transitan normalmente a la Formación Chonta, que se afirma encima. Fósiles son muy escasos, sobre todo en el tercio basilar. Es así, que su límite inferior es algo impreciso y el superior confinado al instante en que transgrede la Chonta. La extensión vertical de la secuencia incluye el Neocomiano y se puede prolongar hasta el Turoniano; el miembro Esperanza corresponde generalmente al Aptiano.

Formaciones equivalentes extraterritoriales de la Agua Caliente tenemos en el Ecuador oriental la Formación Hollín, T. Wasson & J. H. Sinclair, 1927; H. J. Tschopp, 1948, 1953, y en el Acre-Brasil los Arenitos o Formação do Moa, P. Moura & A. Wanderley, 1938; A. I. Oliveira & O. H. Leonardos, 1943.

Dejando de lado, de que la secuencia es portadora de indicaciones de petróleo, con que se ocupará en un capítulo separado, queremos llamar la atención a otras manifestaciones que estriban evidentemente en un volcanismo tardío. Son éstas las aguas calientes, ligeramente ferruginosas o sulfurosas que brotan en su mayoría en la parte superior del Agua Caliente, cabalmente en sus asomos debajo del miembro Huaya o de la formación Chonta, poco o no permeables. Sus emanaciones y "valles humeantes" son registrados en muy distintas áreas de la cuenca altiamazónica, inclusive en las formaciones correlativas del Oriente ecuatoriano y del Acre brasileño. Las mismas aguas han operado desventajosamente en las perforaciones exploratorias en Ganso Azul y Orellana — pozo Santa Clara No. 1. También existen fuentes de elevada temperatura en el Alto Madre de Dios, donde irrumpen a lo largo de una falla en el ala anticlinal de areniscas cretácico-terciarias; véase igualmente Dirección de Petróleo, 1953.

b. *Formación Chonta:*

Origina el nombre de la localidad tipo, una isla en el Bajo Pachitea, introducido por R. M. Moran & D. Fyfe, 1933. Pero con anterioridad, en 1928, J. T. Singewald llamó a la secuencia en referencia la "Cretaceous shale and limestone series".

La formación ocupa desde la gran escarpa del frente andino toda la hoya formada por el Huallaga y Ucayali, pero no se la observa más al Sur del Pongo de Mainique en el Alto Urubamba. Está compuesta de lutitas y limolitas de matices gris a negro, de buena estratificación, que se rompen muy a menudo en forma concoidal, exhibiendo concreciones cálcicas y de óxido de fierro. Alternan con limolitas calcáreas, calizas arenosas y calizas densas, en lajas grisáceas, que pueden agruparse en entidades notorias, generalmente en los dos tercios inferiores de la serie. De cuando en cuando se logra una distinción en dos a tres miembros. Los espesores promediales, dependientes no solamente del desarrollo en las diferentes regiones de afloramiento sino de la disposición estructural y rebajes de toda índole, son como sigue: Sierra Cucutú suroriental, 750 m y más, V. Oppenheim, 1943; Pongo de Manseriche, 910 m, J. T. Singewald, 1927; Bajo Marañón, 700 m, Ch. Ducloz & R. Rivera, 1956; Medio Huallaga, 600 m, A. Rosenzweig, 1953; pozo Coninca No. 2, 295 m; área de Contamana,

140-400 m, B. Kummel, 1948; pozo Cashiboya No. 1, 250 m; Boquerón y Sierra Azul 120-300 m, W. Rüegg, 1947, 1952; Bajo Pachitea, 150 m, J. T. Singewald, 1928, R. M. Moran & D. Fyfe, 1933; [2] pozo Chonta No. 1, 168 m; Pongo de Mainique, 40 m, interpretación por el autor del perfil de Arn. Heim, 1948. Este largo cómputo demuestra irrefutablemente el pausado pero palpable estrangulamiento de la Chonta desde el Norte en dirección Este y Sur. Y es preciso subrayar, que con el rumbo general Este-Sureste tiene lugar un marcado cambio de la facies marina en otra de agua salobre y hasta dulce, con reducción y eliminación final de la caliza, en parte también de la lutita, y su reemplazo por elementos arenosos. Este pasaje se refleja hasta en el color de la formación, la cual, con sus miembros más genuinamente marinos, llega a transitar sobre regulares distancias en verdaderas capas rojas, un hecho todavía poco realizado y de una delicada trayectoria práctica.

Acorde con las formaciones cretácicas presentes en los pozos de Ganso Azul, Cashiboya y Coninca, sus registros se comparan razonablemente bien; pero el desarrollo de la serie perforada en Rayo No. 1 —Agua Caliente— concuerda mal con aquél anotado en los pozos antes mencionados, ya que es eminentemente arenoso, casi terrestre, como suele acontecer en la orla de una cuenca.

Los contactos de la Chonta son concordantes y transicionales con las infra y suprayacentes formaciones Agua Caliente y Arenisca de Azúcar, respectivamente. La fauna es riquísima en moluscos, destacándose a veces los cefalópodos, merced a los cuales se logró practicar por primera vez una zonación de la Chonta aflorante en el Cahuapanas-Bajo Marañón, por Ch. Ducloz & R. Rivera, 1956. La edad que indica la fauna en general, es del Turoniano y preponderadamente del Coniaciano.

Merece mencionarse que en el Pongo de Rentema del Medio Marañón, aflora una potente serie tipo Chonta, cuya faunula —especialmente amonites— caracteriza no solamente el Coniaciano, sino todo el Senoniano y el Maestrichtiano, como llegaron a demostrar los estudios de R. Rivera, 1949 y 1956. Evidencian estas pruebas irrecusables que

[2] Del Perené y Tambo relata P. W. Chase, 1933, más de 600 m "Tambo limestone", correlativo de la Chonta; sin embargo, nuestro examen resultó algo diferente en lo atinente de las relaciones formacionales, del cual procede para la Chonta una potencia de apenas 180 m en sección continua, sin mayor disturbación.

el mar cubría efectivamente hasta durante las postrimerías del Cretácico por lo menos esta parte del Oriente peruano. No sabemos como se encaja dicha serie altamente pelágica más hacia el Levante, y si acaso transite lateralmente en la Arenisca de Azúcar ya costanera, cuya descripción sigue a continuación.

La Chonta continúa en terrenos orientales del Ecuador, donde está bien estudiada por T. Wasson & J. H. Sinclair, 1927, y H. J. Tschopp, 1948, 1953. Sin embargo, la Napo no se identifica plenamente con la Chonta de la Selva peruana, porque corresponde en su parte inferior más bien a la facies de la Agua Caliente; y esto es tan así ya en el Pongo de Manseriche, donde la Chonta hasta abarca el Albiano. En gran parte equivalente con la Chonta es además la Formação Río Azul de Acre-Brasil, de P. Moura & A. Wanderly, 1938, y A. I. Oliveira & O. H. Leonardos, 1943.

c. *Formación Arenisca de Azúcar:*

J. T. Singewald, 1927, denotó como "Huacanqui sandstone" a una entidad de areniscas que en el Pongo de Manseriche se aloja en la cima de su "Shale and limestone series" y debajo de las Capas Rojas. En 1928, el mismo explorador creyó reconocer esta misma entidad a lo largo del Pachitea, por lo que la correlacionó con aquella en el Bajo Santiago, práctica que se continuó desde entonces, no obstante que nunca se comprobó la compatibilidad de tal procedimiento. En 1933, R. M. Moran & D. Fyfe describieron la "Sugar sandstone" o Arenisca de Azúcar, que como unidad litológica muy notable, cubre en el Bajo Pachitea la Chonta y subyace el potente grupo de las "Red beds". Posteriormente, en 1948, B. Kummel introdujo para un conjunto de areniscas semejantes el término Formación Vivian, nombre que tomó de un riachuelo homónimo en los Cerros Contamana. Empero, este término es improcedente ya que dichas areniscas no asoman en el mencionado lugar. En consecuencia abogamos por Formación Arenisca de Azúcar, que en el Bajo Pachitea ocupa posición estratigráfica bien definida, encima de la Chonta, con la cual comparte exactamente la misma localidad tipo. Este término es además inmejorable por ser un calificativo de primer orden.

Esta formación componen antes que todo areniscas blancas y amarillentas, de preferente estratificación intercruzada, de grano fino a

grueso, del tipo sacaroso. Diseminadas en las mismas se hallan nódulos y pigmentación ferrosa, rodados de cuarzo y guijas de arcilita. Se intercalan mantos conglomeráticos, además limolitas y lutitas obscuras, bien texturadas, que contienen mucha mica, a menudo restos de flora y rara vez de fauna, que desgraciadamente resultan sin valor diagnóstico. De carácter discontinuo y variable, pero verosímilmente semirregional, apreciamos en la parte más alta algunas camadas, a veces bastante conspicuas de limolitas y areniscas carbonosas, muy finamente laminadas. Este paquete cinteado blancogris y café desvaído, de unas decenas de metros de espesor, alberga ostreas muy achatadas, gasterópodos y al parecer restos de tortuga, y es lo que llama B. Kummel, 1948, Formación Cachiyacu, considerándola la parte cretácica de los "Red beds" terciarias. Para nosotros, que en 1946 hemos estudiado la sección arriba descrita en el mismo Cachiyacu, al Este de Contamana, representa nada menos que un tipo evolutivo del tope de la Arenisca de Azúcar, cuyo desarrollo es igualmente aparente, según condiciones y lugar, en otras áreas de la Amazonía Superior. Y en efecto, similares pasajes, y todavía más gruesos, los hemos advertido al Norte del Boquerón, en los ramales orientales de la Sierra Azul.

La serie de la Arenisca de Azúcar es siempre notoria, resistente, competente y como tal forma portachuelos, cañones, paredones y rodea como roca anillo las estructuras, sirviendo de indicador por todo. Son respetables las variaciones de su potencia, de las cuales reproducimos unas cifras de autores citados en párrafos anteriores y de pozos, que son las siguientes: Cucutú Sur y Bajo Santiago, 100-150 m, Bajo Marañón, 30-80 m, Medio Huallaga, 120-360 m, Alto Pisqui y Coninca Nos. 1-2, 260 m, con apéndice transitorio a las Capas Rojas suprapuestas, área de Contamana, inclusive Cashiboya No. 1, 120-320 m, área del Boquerón, Pachitea, Perené, 120-400 m, Pongo de Mainique, 60 m, aproximadamente.

Muro y techo de la formación son fácilmente reconocibles. En el primero se reclina la Chonta con límite neto, conforme. En el segundo se asientan las Capas Rojas, cuyo contacto una vez es algo disimulado, desproporcionado, o sea una transición progresiva, y otra vez constituye un hiato franco, de bastante duración para formar, lo que llamaríamos un suelo fósil, por lo que resulta en determinado sector una discordancia paralela, en otro una discordancia angular, muy poco acentuada. Pero sobre la diversidad de aspectos de la demarcación entre la Are-

nisca de Azúcar y las Capas Rojas ya trató el autor detalladamente en ocasión previa, W. Rüegg, 1947.

Atribuimos a la serie a discusión una edad supracretácica, postemscheriana, en base a relaciones generales del conjunto, sin tener para ello documentación paleontológica. Corresponden a esta formación en terrenos limítrofes del Brasil, la Arenisca de Sungarú de V. Oppenheim, 1937, la Formação Divisor de P. Moura y A. Wanderley, 1938, y en el Ecuador oriental, por lo menos en parte, la Formación Tena de H. J. Tschopp, 1948, 1953.

IV. *Terciario:*

Se identifican los albores de esta era en el Oriente peruano por un giro sedimentológico radical hacia una deposición continental duradera, excepción hecha de una corta invasión marina en su linde occidental. El Terciario subandino es entonces una muy potente sucesión de "Red beds", que deben llevar categoría de grupo. Mucho se ha argumentado sobre las condiciones que llevan a la formación de capas rojas en general, y asimismo se han descrito de la Selva la naturaleza y escenarios sumamente variados e instables de la fuente, integrantes, trayecto y modo de transporte, tipos de artesas y facies, etc., que contribuyeron en su acumulación. Por ende, estos productos sedimentarios se caracterizan por múltiples cambios, especialmente laterales, y merced a una litología en extremo monótona y en principio bastante igual, no permiten mayor subdivisión capaz de resistir, salvo para propósitos in situ, confiable correlación regional. El valor dudoso de la clasificación en un número crecido de miembros, y la dificultad de su manejo en el campo, experimentan comprobación relevante, cuando se trata de secciones o afloramientos aislados, lográndose a lo sumo una distinción entre estratos del Terciario Antiguo y otros del Terciario Moderno.

Trataremos en seguida y separadamente:

a. la Formación Capas Rojas, y
b. la Formación Iquitos, aunque ésta, posiblemente, comprenda niveles cuaternarios.

a. *Formación Capas Rojas:*

Este nombre colectivo para los depósitos terrestres terciarios ha sido introducido y ampliamente usado ya en tiempos de los grandes

pioneros como G. Steinmann, J. A. Douglas, H. Gerth, I. Bowman, J. A. Broggi, J. H. Singewald, R. M. Moran & D. Fyfe, y otros. El término es innegablemente atinado y preciso, y merece preferencia, a excepción de que fuere indicado establecer, por obvio contraste litológico, alguna otra nomenclatura, que presuntamente siempre guardará carácter local. Por esa razón, y otras más ya citadas en un trabajo anterior, estamos en desacuerdo con el nombre de Grupo Contamana —y su subdivisión—, que para las capas rojas de vastas comarcas introduce y generaliza B. Kummel, 1948, en su valiosa obra de 1948. De aquí que queremos una vez más, proponer la adopción para el conjunto de estos sedimentos del término, Capas Rojas, designación hondamente difundida en la literatura actual.

Las rocas primordiales de la secuencia son lutitas, limolitas, fangolitas y areniscas-arenas e infinidad de sus transiciones. Prevalece fuertemente el elemento arcilloso desde la mitad hacia la base del grupo. Los estratos relucen color rojo ladrillo, rojo violáceo, pardo rojizo, peculiarmente en la porción inferior, además verde, moreno, amarillo. La presencia de materia vegetal carbonosa actúa como agente reductor de los matices rojos en otros verdes y pálidos, colores que en parte también provienen de tufos intermezclados. La estratificación es indistinta, entrecruzada o en lechos y bancos. Se observa estructura muy fina hasta psefítica y es posible percibir una disminución del grano desde el noroeste hacia el sureste y Este de la cuenca altiamazónica, aumentándose el grano de nuevo dentro del perímetro del escudo brasileño. La intercalación de mantos conglomerádicos parece relacionarse con acontecimientos diastróficos, pero de ninguna manera se limita a la cercanía de los vertientes andinos y supuestas desembocaduras ribereñas.

Ocurrencias ocasionales son areniscas glauconíticas de minerales retrabajados, calizas impuras, blancas y muy margosas, piroclastos, concreciones, sal y yeso y fragmentos carbonáceos que pueden engrosar en hilos y lingnitos delgadísimos. Finalmente hay fósiles, solos o en colonias, tales como los llamados ostreideos, que forman bancos de 0.20 a 1.20 m de espesor y que se hallan aún en la sección más alta de la columna, como en el Cachiyacu. Sin embargo, estas zonas faunales no son bien estudiadas, y pese de ser una simple conjetura, figuran en las lumaquelas posiblemente más bien unionideos, por lo que una

rigurosa recolección y su exacta identificación serviría de índice estratigráfico de primera.

Un hallazgo muy importante representa en el Bajo Huallaga la serie de agua salobre y marina de lutitas y menores calizas, de 400 m de espesor, cuya micro y macrofauna responde al Oligoceno. Es la Formación Pozo de M. D. Williams, 1949, que separa una porción de Capas Rojas infrayacentes de otra suprayacentes. Se la conceptuamos el producto de una lengua o vía marina hacia el Este, de la extensa transgresión oligocénica del litoral pacífico, que también habrá originado las muy parecidas acumulaciones en el Bajo Marañón, cerca de Barranca. Esta ingresión no anegó terrenos del Medio y Alto Huallaga, y menos de la depresión del Ucayali, y sus sedimentos adelgazan y desaparecen rápidamente hacia el Norte, sin propagarse en la región fronteriza con el Ecuador.

De un complejo medianamente salobre consiste igualmente la base de la Formación Huayllumbe o Quincemil, series de capas rojas del Madre de Dios-Inambari, así llamadas por J. A. Douglas, 1933, y V. Oppenheim, 1946, respectivamente. Sin embargo, su edad es indefinida, a lo mejor supracretácica, y la correlación y deducción paleogeográfica, que con ella y con tantas otras series y miembros se intenta, es puramente especulativa.

Pero con todo estamos convencidos, que los detalles que citamos a continuación apuntalan la factible y válida separación del grueso de las Capas Rojas, en una parte inferior, y otra parte superior: a) por el color, que en la primera es preferentemente rojo, y amarillo a ocre moreno en la segunda; b) por el material, que en la parte baja es esencialmente arcilloso, y en la parte alta arenoso por excelencia; c) por la consistencia y textura, que en la porción inferior es sólida, compacta, dura, de buena estratificación, y muy poco endurecida, deleznable, blanda, friable, de disimulada, pobre estratificación en la porción superior. Estos criterios tienen carácter regional, por lo menos en el área del Ucayali. Los mencionados cambios son muy llamativos, casi abruptos y contrario al hecho de que se nota paralelismo entre ambas partes, siempre existe aparente disconformidad, a la que ya hemos referido en 1947. El intervalo, aparte de menores discontinuidades en la fracción alta, se identifica posiblemente con una "cesura" cronológica, ¿quizás división en el Terciario Antiguo y Terciario Moderno?; lo

que, "sensu lato", unos han llamado "Red beds" y "Brown beds", respectivamente.

Aparte de escasas caídas de ceniza, en parte acarreadas por el viento desde centros volcánicos de la Alta Cordillera, y menores intrusiones y extravasaciones como en las Montañas de Cushabatay, Sierra Azul y Alto Huallaga, hubo poca movilización magmática durante toda la era. Con estas últimas están seguramente vinculadas las frecuentes manifestaciones de aguas calientes, de caudal a veces portentoso, mencionadas en páginas anteriores.

En las secciones más completas que cubren parcial o enteramente gran número de estructuras, se han medido las siguientes potencias, hallándose el tope ya eliminado y/o cortado angularmente por aluviones más recientes: Pongo de Manseriche, 2500 m, J. T. Singewald, 1927; Bajo y Medio Huallaga, 6-7 km, R. Valverde, 1946, M. D. Williams, 1949, A. Rosenzweig, 1953; área de Contamana, 2800-3100 m, W. Rüegg, 1947, B. Kummel, 1948; ríos Pachitea y Perené, 1000-1500 m, R. M. Moran & D. Fyfe, 1933, P. W. Chase, 1933; Alto Ucayali-Urubamba, 6-7 km, Arn. Heim, 1948; ríos Madre de Dios-Manú, 2000-3500 m, V. Oppenheim, 1952;[3] Alto Madre de Dios, des. de Coñec aguas abajo al Palotoa, 5-6 km, L. A. Hoempler, comunicación verbal. Pocas son las perforaciones exploratorias iniciadas en el grupo Capas Rojas. Conica Nos. 1-2, localizadas algo flanco abajo de la estructura, registraron cerca de 1000 m "red beds" asignadas, según su posición estratigráfica, mayormente a la parte inferior del conjunto terciario. En el Bajo Marañón, el pozo Marañón 8-1, perforó en Capas Rojas desde la boca hasta más o menos 2834 m, donde ocurrió un cambio formacional, para en mayor profundidad volver a perforar en "red beds" hasta su terminación a 2983 metros. Se dice de haber pasado lutitas de la Formación Pozo, más arriba del mencionado cambio. Marañón 22-1 se abandonó el 14 de marzo último temporalmente por inusitadas crecientes, a 2802.9 m en Capas Rojas, esperándose poder reanudar las operaciones en junio y alcanzar el Cretácico pronto.

---

[3] En este trabajo inédito, V. Oppenheim da cuenta de la expedición efectuada en 1944, desde Puerto Maldonado al Madre de Dios, Manú y por el "varadero" o Istmo de Fitzcarrald al Mishagua y Urubamba. Considera las Red Beds aflorantes como parte, que llama Formación Madre Dios, cuya porción más baja, ¿o yaciente? formarían las Capas Manú, de areniscas, asociadas con caliza, concreciones calcáreas y escasas lutitoarcillas gris-parduscas, que en el área de Fitzcarrald parecen discordantes con las Red Beds propiamente dicho. Atribuye a la mayoría del Terciario expuesto tentativamente al Mioceno y Plioceno.

De nuestras observaciones y mediciones extractamos, que la fluctuación a menudo apreciable de espesor total de las Capas Rojas, se debe claramente a la diferente acción erosiva. muy activada después de la fuerte deformación que sufriera esta vestidura, y que la potencia generalmente mayor, y el tipo, en esencia de Molasa, de las psammitas superiores, se relacionan conspicuamente con el rápido colmamiento de la fosa paraandina, encauzado precisamente por el levantamiento ya en progreso durante su gestación en tiempos neoterciarios.

Los fósiles no abundan: son pelecípodos, gasterópodos, restos de vertebrados, cocodrilos, tortugas, peces e impresiones y oogonias de plantas, y por último foraminíferos en la Formación Pozo. Según las determinaciones de E. W. Berry, 1925, H. A. Pilsbry, 1944, R. E. Peck & C. C. Reker, 1947, F. Spillmann, 1949, y otros, comprenden formas del Eoceno hasta el Plioceno.

Buena comparación con las Capas Rojas, tanto en litología como edad, proporcionan la Formación Oriente del Este ecuatoriano de H J. Tschopp, 1945, 1948, 1953; las Cruzeiro Red Beds y la Formação Río Branco de las regiones fronterizas Perú-Brasil de V. Oppenheim, 1937, y P. Moura & A. Wanderley, 1938, respectivamente.

b. *Formación de Iquitos:*

Así llamaron W. Rüegg & A. Rosenzweig, 1949, las series expuestas al pie de la ciudad y en la campiña de Iquitos, o sea a lo largo de las riberas y ribazos del Amazonas. Con el nombre de Neogénico de Iquitos se refirió ya G. Steinmann, 1929, a las mismas secciones.

Encima de las Capas Rojas y separadas de ellas por una notable angularidad a causa del plegamiento quechua-subandino, se afirma una cubertura discontinua de sedimentos terrestres a salobres, prácticamente horizontales. Estos pertenecen en su mayoría aún al Neógeno, con niveles posiblemente del Pleistoceno, por lo que existiera transición del Terciario al Cuaternario. El grueso forman pelitas gris-oscuras, muy poco consolidadas hasta fofas, apiñadas de restos de fauna y flora, y que contienen, en algunas localidades, lentes y bancos arenáceo-conglomerádicos. Sus retazos afloran además en el Bajo Napo, en Pebas y Tabatinga. Son igualmente conocidos Amazonas arriba, en el Morona y Santiago, y ya muy macroclásticos, en ciertos tributarios del Medio y Alto Ucayali, especialmente en el Aguaytía. Todas estas

distantes ocurrencias de 15 a 80 m de grosor, al igual como los semejantes depósitos del Territorio Acre-Brasil, M. G. Oliveira Roxo, 1937, y C. I. Maury, 1937, las consideramos homotaxiales, penesincrónicos.

Acerca de la facies, significancia paleogeográfica y edad de esta formación se ha escrito mucho. Mencionamos entre la más reciente literatura solamente: L. de Greve, 1938, y R. F. Rutsch, 1951. Se acepta ahora afinidad de la fauna de Iquitos-Pebas con aquella de la Región Caribe, lógica intercomunicación entre ambas regiones, predominio de un medio de agua salobre a dulce en el Alto Amazonas y edad post-supramiocénica.

V. *Plio-Pleistoceno y Reciente:*

Todos los depósitos que reposan en forma subhorizontal y como mantos, terrazas piedemontanas, conos, etc., sobre las Capas Rojas, son productos del aluvionamiento post-orogénico. Su edad, como la confirma la Formación Iquitos, puede ser aún mayormente pliocénica, pero el grueso de las otras acumulaciones, tipo meseta, terraza, planicie acumulativa, etc., es ciertamente cuaternaria. La dificultad que se opone a su dilucidación resulta del hecho, que dichas acumulaciones son sumamente discontinuas, que se entrelazan, formando encuñamientos y salopaduras, por lo que existen no solamente frecuentes cambios de facies laterales, sino de facto ocurren diferentes episodios erosionales y niveles deposicionales, y aparte de muchas diastemas, hasta discordancias angulares. Todo esto significa para la Geología campo virtualmente virgen.

Estos clásticos se colocan en unidades enormemente desgastadas, que ya en el temprano Cuaternario formaron una inmensa penillanura. Rellena no solamente las hondonadas, o como abanicos, la zona inmediatamente antepuesta al frente cordillerano, sino desde ésta misma, se extienden como otrora cobija coherente lejos en el antepaís. Esto subsiste tanto para las gruesas cuberturas de arenas, ripios, gravas y sus compactaciones, especialmente obvios en el Urubamba y hoya del Madre de Dios, como para los aluviones arcillosos, verdoso-oscuros, fosilíferos e interpuestos de arenas y rodados, que cubren con pocos hasta treinta metros de espesor espaciosos parajes de la cuenca del Ucayali y Huallaga. Todas estas conformaciones están disectadas por un sinuoso sistema de drenaje, aún actualmente en proceso de un rejuvenecimiento general.

TECTÓNICA

Lo que aquí pretendemos esbozar, es la suma de eventos tectónicos que en el transcurso de los tiempos se han relevado y finalmente culminaron en la faz estructural actual del Oriente peruano. Empero, por lo colosal e inexpugnable del tema, y por nuestros paupérrimos conocimientos, nos vemos restringidos a una exposición sucinta y global de estos sucesos que a menudo y profundamente han sacudido y modificado los aludidos terrenos.

I. *Ciclo Preandídico:*

Los sedimentos que se ubican en el Eopaleozoico guardan visible paralelismo entre sí. Pruebas inequívocas de la revolución caledoniana, o de otro ciclo anterior, no las hay; aunque la potencia, extensión y naturaleza de los clásticos silúrico-devónicos solamente se explica por medio de la remoción y traslado colectivos de apreciables sistemas orográficos primitivos.

Subiendo la secuela sedimentaria, se destaca que el Devónico Inferior-Medio sirve de asiento a series suprapaleozoicas que lo cubren con discordancia angular. La falta de depósitos abarca por lo menos el Devónico Superior y en algunos sitios también el Carbónico Inferior entero. Esta tectogénesis implica profundamente, pero con intensidad desigual, todo el complejo formacional, incluído las metarocas de la parte más baja accesible a la observación. Obviamente se identifica con la fase eobretónica, o sea acádica, del plegamiento herciniano, primer diastrofismo del tipo alpino auténticamente constatado en el suelo del Perú. Ocasionó los Pre-Andidos de aparente arrumbamiento original de SE a NW —girando localmente E a W— y convergencia muy señalada hacia la Vieja Brasilia. Promovió dislocaciones tangenciales de diferente género, tanto en el Madre de Dios como en la espaciosa cubeta del Huallaga y Ucayali. Un plutonismo sinorogénico alojó batolitos ácidos, de la parentela atlántica, junto con un enjambre de diques y sills, que especialmente en la cuenca subandina suroriental han producido un metamorfismo intensivo y regional en el conjunto sedimentario infrapaleozoico; J. A. Douglas, 1933, H. Gerth, 1915, 1955, Arn. Heim, 1948.

A estas convulsiones del tardío Devónico y/o Mississippiano sigue un desgaste excesivo de los arcos recién levantados, que encauzó, en parte en combinación con períodos erosivos y de no-deposición posteriores, lagunas estratigráficas a veces asombrosas, tanto por su alcance geocronológico como areal; imperantes condiciones a las que ya hemos referido, W. Rüegg & D. Fyfe, 1948, 1950, y citadas en páginas anteriores. Así sobre las viejas montañas, ya grandemente truncas, avanzan por un hundimiento nuevo y gradual, los mares pennsylvanianos e infrapérmicos, pero sin inundar la región total y simultáneamente, de suerte que la deposición del Carbónico terrestre puede continuar, en medios adecuados, hasta posiblemente en tiempos supracarbónicos. Estas transgresiones dentro de espacios que así volvieron a entrar en un nuevo ciclo geosinclinal, producen los Grupos Tarma y Copacabana, cuyas acumulaciones a mediados del Pérmico, ya en desarrollo de la regresión, se vieron implicadas en el movimiento neoherciniano, la fase sálica. Esta es sin duda la orogenia cardinal preandídica, pues creadora de los extensos cinturones de los Gondwánidos.

Piroclastos del Grupo Mitu, eyectos en su mayoría post-leonardianos del magmatismo subsecuente y material erosivo, hacen luego su aparición en algunos sitios de la Selva oriental. Reposan discordantes sobre las secciones carbopérmicas marinas, en parte ya removidas, y a su vez son seguidas, en determinados sectores, por sedimentos casi exclusivamente fluvio-lacustres, de supuesta edad permotriásica y más joven.

Debemos añadir, que nuestros conocimientos, en lo particular acerca del Paleozoico Superior, han ganado substancialmente por las obras de B. Boit, 1945, 1955, N. D. Newell, et al., 1949, y J. V. Harrison, 1951. Pero pese a que se ha mapeado y comprobado con el taladro, la existencia de diferentes series antiguas, y correspondientes núcleos estructurales, permanece un inmenso territorio todavía en el más completo misterio, y aún no se sabe por grandes trechos en qué relación configurativa y genética se hallan las cubetas geosinclinales-epicontinentales de las eras primaria y secundaria, respectivamente.

En el fondo, la tectónica paleozoica queda muy poca resuelta y puede redundar en lo siguiente: a) en la región situada entre el límite con Bolivia y el Bajo Urubamba, existen algunas estructuras alargadas, en parte estrechamente comprimidas, hasta ladeadas y sobrempujadas hacia el cratón. El contacto de éstas con los pliegues subandinos, "sen-

su stricto", es frecuentemente fallado o consta una zona imbricada, de menor edad, con buzamiento hacia el SW y recorrido de SE a NW; b) en el área comprendido entre el Alto Ucayali y el Bajo Huallaga y Marañón, muy en contraste, las pocas estructuras conocidas representan combaduras o domos amplios y más bien tendidos, que en lo sucesivo sufrieron modificaciones, y que hoy, entre anticlinales y sinclinales mucho más recientes, forman "Altos" compuestos de unos u otros bloques relativamente rígidos. Así, los Altos de Sira del Alto Pisqui, de Contaya y de las cabeceras del Cushabatay.

II. *Ciclo Andídico:*

Los movimientos radiales e isostáticos concomitantes del último acto formador de montañas ya alcanzaron cierto realce en el comienzo de la era mesozoica, y desde entonces vemos acentuándose el patrón de la rotura en bloques, con prevalencia longitudinales, especialmente en el espacio móvil entre el escudo y las cadenas de reciente génesis. Avistamos a la vez, que la grandiosa arquitectura herciniana se encuentra ya en parcial arrasamiento, y fuera del aporte aislado de volcanes, son precisamente los cordones gondwánicos que contribuyen con el mayor aporte de los detritos semi-marinos y genuinamente terrestres, que durante épocas rellenaron el frente interior, de la hoy Alta Serranía. Por el modo continuo y paralelo de estos sedimentos debe admitirse, que su deposición proseguía en artesas propicias, y a pesar de probables lagunas estratigráficas, sin manifiestos disturbios tectónicos desde el Mesozoico Inferior al Cretácico y hasta más tarde. Y semejantes condiciones aparentan haberse perennisado en series que afloran en la red del Madre de Dios, Urubamba y también Ucayali, ya que en ellas no intervino plegamiento notorio alguno hasta en las postrimerías del Terciario.

En oposición, se observa en muchos ámbitos de la cuenca norteña, cambios bruscos de facies y sucesión, singularmente llamativos entre la formación Santiago y la formación Chapiza, liásica y marina la primera, suprajurásica y continental la segunda. Pero hasta donde pudimos apreciar, no hay señales inteligibles de un movimiento pre-oxfordiano; esto va al tenor de H. Stille, 1940, y excluye los movimientos málmicos para el Oriente peruano en el sentido de P. F. C. Groeber, 1952. Sólo existen indicios de un plegamiento ligeramente disharmó-

nico de edad posterior, y un hiato de duración variable que dió lugar, como es común, a una discordancia de erosión.

Muy palpables, realmente, son las evidencias en el contacto de la formación Chapiza y el sistema cretácico superpuesto, a saber: angularidad, implicando la dirección e inclinación de ambas unidades, solución de la continuidad y cambio litológico. Estos rasgos no simbolizan reminiscencias de una leve inflexión o simple interrupción temporal, sino revisten carácter de un verdadero plegamiento con séquito acostumbrado. Debe atribuirse al plegamiento kimmeriano moderno, o revolución nevadiana, que en el Jurásico más alto —¿entre el Kimmeridgeano y Titoniano?— llega a afectar amplias zonas, y que ha sido observado en diferentes afloramientos e igualmente en perforaciones. Como efecto de la misma podría interpretarse la falta de ciertas series del Jurásico y/o Neocomiano Inferior. La ocurrencia de dicho abovedamiento pasó siempre por poco probable, pero ya subrayamos su presencia en otros trabajos tanto para el Llano amazónico como para la Costa pacífica Sur.

El Cretácico, con sus tres entidades Agua Caliente, Chonta y Arenisca de Azúcar, asentadas en orden normal de sucesión, se coloca en terrenos en parte jurásicos, o en mucho más antiguos, a menudo ya convertidos hasta en llanuras troncales. Se originaron así discordancias paralelas y angulares, irrespectivo de la circunstancia que estas disposiciones se hallan en áreas generalmente levantadas y plegadas.

En el tope del Cretácico se adosan las Capas Rojas terciarias, entre sí y con su yacente también en perfecto paralelismo. Esta posición invariablemente paralela a través de los antes mencionados sistemas y grupos, y otros más viejos, es de veras muy llamativo y aún más sorprendente por la existencia, debajo del Cretácico, de lagunas estratigráficas respetables. Y efectivamente, algunas zonas han obviamente escapado de toda trascendencia de plegamiento, de suerte que sus secuencias, por lo menos desde el Carbopérmico hasta incluído el grueso del Terciario, quedaron imperturbadas, tal como la más absoluta tranquilidad hubiera imperado durante el transcurso de su acumulación. Esta particularidad estriba en la presunción, que no existen otros plegamientos que los ya observados y que éstos no alcanzaron todas las áreas; o que el plegamiento final terciario, de singular vehemencia, logró rebasar y arrasar las huellas de deformaciones anteriores; o finalmente, que se relaciona con bloques de diferente composición,

estructura, inclinación y movilidad. Secciones que revelan las características arriba enunciadas las hay in situ y en perfil perforado, por ejemplo, en la Sierra Azul-Alto Pisqui, Ganso Azul-Montañas Sira, Pongo Mainique-Urubamba. [4]

Contemplando este panorama evolutivo debe considerarse, que la Amazonía Superior ha sido últimamente el teatro de sucesos extraordinarios. Y en verdad, en tanto que en el actual espacio andino ya llegó a su término el plegamiento incaico premiocénico, precursor de la orogenia fundamental neo-andídica, continúa en toda la faja subandina el aluvionamiento sin mayor trastorno. Pero seguidamente repercute aquel movimiento en el antepaís, y se intensifica aún más el descenso de la fosa para-andina, cuyo trazo ya se esbozó al retirarse el mar cretácico como expresión de región intermedia en los confines de unidades de diferente movilidad: el alto-cratón y las cadenas de pliegues sedimentarias en progreso. Así, al compás del alzamiento de la Cordillera, se produce el rellenamiento de esta depresión con los clásticos del nuevo "borderland", que son auténticos sedimentos orógenos, y como tales integrantes de la parte superior de las Capas Rojas o Molasa abigarrada.

Tarde en el Neoterciario acomete la Selva la tectogénesis más importante y abarca a la vez la Cordillera, por lo que se la puede identificar con el plegamiento quichuano de G. Steinmann, o quechua-subandino, como oportunamente la hemos denominado. Es el evento culminante, decisivo y único de todas las convulsiones y fases andídicas que arremetió el Perú Oriental en toda su extensión, incluyendo las series de dos eras y hasta más. La marcada diferencia angular que separa la Formación Iquitos y otros depósitos modernos de las Capas Rojas, ilustra sobre la edad de la aludida dislocación. A salvo declaramos que se produjo en tiempos intrapliocénicos, y bien se la puede

[4] Sabemos que cuando Arn. Heim, op. cit., pasó los rápidos peligrosos del Pongo de Mainique, en 1946, no le era dable, por la velocidad y volumen del caudal y razones de seguridad, efectuar observaciones detalladas. De los datos a nuestra disposición nos permitimos dar la siguiente interpretación de las condiciones ahí presentes: afloran de S a N: filita basilar ¿devónica?, caliza carbopérmica, areniscas Chapiza y Agua Caliente, lutitocalcáreo ¿Chonta?, Arenisca de Azúcar y Capas Rojas. Es una serie continua, estrictamente paralela, sin fallamiento; cambia de la vertical gradualmente a un buzamiento mucho menos empinado, ya en las "Red beds". El llamado sinclinal recto, parado, es un pliegue brusco, secundario, en el ala septentrional de la última estructura "serrana" antes de entrar en el Llano ucayalense.

correlacionar con la fase rhodánica del cuadro de H. Stille; W. Rüegg & D. Fyfe, 1948, 1950, R. F. Rutsch, 1951, H. J. Tschopp, 1953.

Preconizan el resultado de la misma, los muy notables erguimientos, volcaduras, "upthrusts" o pequeños sobrescurrimientos, fracturas y el diapirismo de evaporitas. Rompiera el margen de esta memoria de entrar en detalles acerca de la estructuración de este inmenso territorio. Sin embargo cabe mencionar, que en la cuenca Ucayali-Huallaga, el Cretácico y su potente vestidura terciaria, forman gran cantidad de los elementos estructurales presentes, a los cuales subyace frecuentemente como núcleo la formación Agua Caliente o hasta series mucho más viejas. Son en esencia anticlinales y sinclinales que como olas, avanzan lejos en las planicies y cabalgan, como últimos, más distantes arrugamientos, en la plataforma ascendente —"updip zone"— de la Antigua Brasilia. Así, existen en el Pachitea y su prolongación tectónica, en el Alto Pisqui, anticlinales combinados con domos bien delineados, cerrados por secciones terciarias y/o cretácicas. Las comarcas del Medio y Bajo Huallaga caracterizan esencialmente domos de sal, vinculados con fallas. La región al Levante del Ucayali ocupa una franja anticlinal asimétrica, con varios domos alargados y tapados en series del Cretácico, y que entre sí son corridos de E a W "en échelon". Un aspecto poco común ofrecen las estructuras situadas a ambos lados del Medio Ucayali, pues una fuerte convergencia bilateral, con vicisitudes satélites de E a W y de W a E, respectivamente, en dirección a la zona de undación máxima o sea la depresión ucayalense: W. Rüegg, 1952, J. E. Rassmuss, 1953. Del mapeo in situ y aerofotogramétrico se desprende, que la delineación tectónica general de casi todos los elementos estructurales principales —anticlinales, domos— incluído chimeneas salinas, sinclinales, fallas de toda índole, sobreempujes, demarca un arrumbamiento de SSE a NNW, del cual puede apartarse de SE a NW, aseverando así la dirección típico peruandina.

Si bien se presentan variantes en el desarrollo de la estructuración areal de la artesa en el Madre de Dios, ésta no constituye una desemejanza fundamental. Se aprecia un cinturón de pliegues desde el límite boliviano al través de la configuración, tipo anticlinorio fallado, de Pantiacollo al Istmo Fitzcarrald y más al Norte, que también se internan en el shelf cristalino. Unos pliegues son estirados y angostos, relativamente cortos y anchos los otros, con núcleo mesozoico o más antiguo, preservado en formaciones cretácico-terciarias. Sin embargo,

no son estructuras apretadas, enderezadas, sino preferentemente de buzamientos leves, mostrando a menudo cúspides anchas y frentes amplias con hundimiento axial suave.

Hacia el postpaís, las mencionadas estructuras subandinas pasan a otras más antiguas, cuyo núcleo paleozoico frecuentemente aparece en su flanco más avanzado, con una abrupta fractura o serie de escamas imbricadas que, por trechos, es el contacto o escarpa de la Cordillera con la fosa marginal. Parece comprobarse que el paroxismo del Terciario tardío afectó tanto al grupo de las "Red beds" como su yacente. Por consiguiente existe paralelismo dentro de estos conjuntos, salvo se confirmara la discordancia angular que, según V. Oppenheim, 1952, aparenta ocurrir por lo menos en la región del "varadero" Fitzcarrald, que probablemente no sólo forma un Alto fisiográfico sino estructural.

Como ya se ha referido antes, la formación Iquitos y sus equivalentes del Plio-Pleistoceno, junto con otras acumulaciones cuaternarias de la Selva entera, se disponen discordantes en las Capas Rojas. Estas sufren, gracias a una rápida denudación, remoción enorme, por lo que gradualmente sale a luz, la penillanura altiamazónica. Movimientos póstumos epirogénicos la elevan, logrando el canteo de sus bloques y un ligero torcimiento de sus aluviones, proceso que seguramente se ha realizado en los albores del Cuaternario. Esta planicie, ya madura hace una época, se encuentra otra vez en pleno rejuvenecimiento, merced a una nueva fase radial ascensional, por lo que presenciamos una evolución acelerada de erosión y transformación concomitante, en la faja subandina casi integral.

En suma, la estructuración regional del Perú Oriental no se ha investigado lo suficiente. En todo caso es íntegramente autóctona, y bastante más compleja de lo que se admite a primera vista. Los diastrofismos que participaron en su gestación son de manifiesto tipo alpino; sin embargo, se hace más y más patente cierta consolidación y la paulatina soldadura de algunas áreas al dominio rígido continental. La paratectónica está evolucionando.

EL PETRÓLEO, SUS ROCAS, SUS PERSPECTIVAS:

Las primeras investigaciones de índole geológico general efectuadas en el Oriente amazónico se remontan hasta el último tercio del siglo pasado. La prospección del petróleo, sin embargo, tuvo su comienzo apenas unas tres décadas atrás, actividad que se intensificó en

forma inusitada desde 1952, año en que fué aprobada y sancionada la nueva Ley de Petróleo, cuya pauta feliz y concepción noble han despertado e inspirado nuevamente el interés y confianza en pos de demostrar y desarrollar los recursos petroleros.

Si bien son muy corrientes los ejemplos de intensísimas y eficaces campañas de exploración geológica de superficie, en cambio, la investigación geofísica, imprescindible en determinados ámbitos, es poco adoptada y muy incompleta. La necesaria y estrecha colaboración entre ambas especialidades, sólo llegó a realizarse en contadas áreas y por pocas entidades.

De una manera directa y de inmediato, los factores en que radican los trabajos de prospección en cualquier sitio de la faja subandina peruana, son enormes y requieren el mayor potencial a emplearse en ciencia, tecnicismo y capital. Empero, bien puede opinarse, que tales esfuerzos parecen ser balanceados por perspectivas estimadas suficientemente favorables: un habitat geológico propicio sobre regulares extensiones, a saber, una facies, sucesión y estructuración presuntamente convenientes, y la certeza de poder desempeñar la tarea en un medio de franca y provechosa comprensión legislativa. sin las limitaciones de valor demasiado reductivo, que en semejantes empresas gigantescas podrían de antemano desanimar las inversiones o incluir posibilidades de fracaso. Por esto es justo reconocer, que en un tan vasto territorio geológicamente no bien conocido, deben gastarse muy cuantiosas sumas, primero, para comprobar si hay o no el codiciado petróleo y, segundo, gastar muchos millones más, para llegar a conclusiones fehacientes con respecto a su valor comercial práctico. Si hay expectativas, entonces sigue a la prospección, la explotación y el transporte. Este último depende lógicamente de la ubicación de las fuentes de producción, y compromete en todo caso otros colosales proyectos. Trátase efectivamente de traer el petróleo a la costa, por lo que el oleoducto debería partir del Bajo Marañón, pasar la Cordillera en su punto más bajo y llegar a Bayovar, puerto del Pacífico del noroeste del Perú. Esta obra costaría en la actualidad mucho más de 50 millones USc y. presupuestados. Exterioriza el memorial de L. A. Bell, 1949, que para justificar este enorme desembolso, se debería contar con una producción diaria mínima de 100,000 barriles de aceite, y para garantizar dicho rendimiento y a la vez cubrir el costo del mencionado oleoducto, se necesitaría alrededor de 500 millones de barriles de reservas probadas. Na-

turalmente, aquí no termina la cuenta, ya que estos gastos vienen acompañados de otros mayores, como para carreteras de acceso, instalación de campos, servicios sanitarios y médicos, etc., perforación-producción, almacenaje, oleoductos adicionales, etc. En fin, se puntualiza una inversión forzosa, antes de que se pueda poner en el mercado de la costa el primer barril de petróleo del Oriente peruano, de un mínimo de 250 millones de dólares. No precisa insistir, que la inversión de tan fabulosa suma incluye muy grandes riesgos, cuya aceptación estriba en la suposición de que existen terrenos petrolíferos con pronósticos promisores, y que todas las fuerzas oficiales y particulares cooperen en esta fausta empresa, que obviamente, constituye un problema de extraordinarias proyecciones económicas.

Encaremos a continuación las condiciones presentes en las áreas investigadas, de cuya composición y disposición estratigráfico-tectónicas ya nos hemos ocupado en capítulos precedentes. Trataremos la presencia de rocas madres y rocas almacenadoras, y muy breve, la ocurrencia de estructuras tectónicamente adecuadas para realizar y controlar la acumulación, como también la presencia de manifestaciones de hidrocarburos.

1. *Rocas Madres:*

a. *Paleozoico:*

El Eopaleozoico, contiene secciones de pizarro-lutitas, parduscas y negras, localmente muy fosilíferas, ligeramente bituminosas. Pertenecen al Ordovísico y Devónico Inferior. Derivan verosímilmente de limos y lodos marinos con rica vida orgánica. Afloran casi exclusivamente en el Madre de Dios, en donde el alto grado de metamorfismo por intrusiones de carácter regional, no hace concebible la existencia de petróleo —si alguna vez existía— en las series afectadas. Muy semejantes lutitas se observa en Contaya; además en los sondeos Agua Caliente No. 1 y Coninca No. 2, e iguales resultados pueden esperarse de otras perforaciones en la Cuenca del Ucayali. Consideramos la potencialidad de este conjunto modesto, en lo especial en aquellos ámbitos, donde el proceso generador de petróleo ha sido interceptado prematuramente por sucesos orogénicos, largo intervalo de intemperismo y subsiguiente magmatismo.

El Neopaleozoico, es decir el Carbopérmico, encierra calizas claras a negras, a menudo granulares, porosas y algo bituminosas, portadoras de micro y macrofauna. Su mayor espesor de 800 a 1200 m se despliega en las comarcas del Pachitea —pozo Agua Caliente No. 1 con más de 1000 m— y Montañas Sira, ríos Perené-Tambo y Medio Urubamba. La potencia del Carbopérmico se reduce substancialmente desde el área de su desarrollo máximo en dirección Sudeste, midiendo en el Manú y Alto Madre de Dios 250 a 500 metros. Adelgaza igualmente con rumbo Norte y Norponiente, y alcanza en el Alto Pisqui —pozo Coninca No. 2— apenas 350 m, faltando superficialmente en el Medio y Bajo Huallaga. Corroboramos el rol e importancia salientes de estas unidades.

b. *Mesozoico:*

El Jurásico Inferior, la formación Santiago, también brinda calizas de matices gris a negro, de grano fino y mediano, calcáreos y margas, en algunos niveles apiñados de cefalópodos, además lutitas oscuras, bituminosas por trechos regulares. Se recuestan estos clásticos en las vertientes y espolones andinos del Medio y Alto Huallaga y Sierra Azul, donde asoman con secuencias de centenares de metros. Entendemos, que esta serie desempeñó un gran papel, de suerte que su presencia, y la del Permocarbónico, cumplió una trayectoria muy notable en el cuadro geológico del Perú Oriental.

El Cretácico, la formación Agua Caliente, comprende algunos niveles de lutitas negras, calizas y limolitas, poco fosilíferas. Asoman en el Pachitea y en general al Oeste del Ucayali, donde llega a desarrollarse el miembro Esperanza. Estimamos que la facies y potencia tan variables son mediocremente adecuadas para plasmar los propósitos de una roca madre. La productividad de la serie en Ganso Azul, la explicamos más bien por migración y atrapamiento eficientes que por gestación de petróleo in situ.

El Cretácico, la formación Chonta, aloja algunas porciones genuinamente marinas de lutitas y limolitas con una riquísima fauna. Se las aprecia con muy inconstante espesor, sobre todo en los cursos medios y bajos del Marañón y Huallaga: sus afloramientos en el Medio Ucayali y Pachitea, en cambio, ya se hallan en transición arenácea. Somos de opinión, que las propiedades litológicas y rápida variación de facies

pelágica a litoral y terrestre, difícilmente culminen en la transformación de las materias primas en hidrocarburos.

c. *Terciario:*

El Oligoceno, la formación Pozo, consiste de lutitas color gris-oscuro a chocolate, intercaladas de calizas claras a plomizas. Son representantes de agua salobre y marina, y de la misma naturaleza son sus fósiles. Su desenvolvimiento llega a 400 metros, pero el área de su deposición aparenta estar circunscrita al Bajo Huallaga y Bajo y Medio Marañón. Consideramos estas capas salobre-marinas inoportunas para motivar atractivas perspectivas.

Esta enumeración incluye las principales unidades de rocas madres que podrían haber intervenido en la conducción y hallazgo de hidrocarburos en las cuencas del Alto Amazonas y Madre de Dios. [5]

En el fondo, y según las observaciones practicadas en el Campo Ganso Azul y en los sitios donde se manifiesta el petróleo, éste siempre parece alóctono, pues ha emigrado en nuevos horizontes y lugares. De esta manera, y de acuerdo con las características estructurales favorables, toda roca porosa resulta roca almacenadora o petrolífera, y a la vez la importante cuestión de ¿cuál es la roca madre?, pasa a segundo plano. Sin embargo, esta interrogatoria también tendrá solución con adicionales sondeos. Por lo visto, el petróleo del Oriente peruano es un aceite muy liviano: en este hecho y proceso de la migración, la filtración selectiva habrá tenido su parte. Sugerimos, que no hay horizontes primarios productivos y que el mayor contingente de petróleo, si no todo es secundario y proviene de dos fuentes: de la roca madre carbopérmica y de la roca madre jurásica.

2. *Rocas Depósito:*

Podemos reiterar, que en principio toda roca porosa y permeable tiene capacidad de roca reservorio, esencialmente las areniscas y los tipos específicos de las calizas. Sin embargo, por la disposición tectónica y secuencia litológica inapropiadas, tales rocas ideales muchas veces no llegaron a servir de almacén, y resultaron estériles y aun

---

5 Por último podría considerarse la posibilidad de la "olim" existencia de series, que pueden darse por desaparecidas, y cuyo petróleo lograría escapar antes de su destrucción en sedimentos yuxtapuestos (—superiores).

sin revelar vestigio alguno de hidrocarburo. En suma, las rocas depósito que reúnen los requisitos necesarios, las encontramos a lo largo de toda la pila sedimentaria, tanto en la cubeta altiamazónica como del Madre de Dios.

Mencionamos a continuación y en forma cursoria las rocas o formaciones hábiles de obrar de recipiente:

a. *Paleozoico:*

Las areniscas del Ordovísico, Devónico y Carbónico terrestre. Además, posiblemente, algunos niveles, lentes y cuñas de textura porosa-celular, en la porción superior de las calizas carbopérmicas. Se perfila el concepto, que por circunstancias reinantes —falta de protección durante cierto lapso, magmatismo, etc.—, y pese a la buena calidad de las citadas rocas, no habrá mayores yacimientos de petróleo, salvo en sectores muy especiales.

b. *Mesozoico:*

Las diferentes formaciones y sub-entidades arenáceas de esta era. Así, la formación Chapiza del Jurásico Superior y las formaciones Agua Caliente, Chonta y Arenisca de Azúcar del Cretácico. Son excelentes rocas de atrapamiento en su totalidad, y con excepción de la Chapiza, de extensa distribución en la faja subandina y por tanto de la mayor trascendencia.

c. *Terciario:*

Areniscas y limolitas del grupo Capas Rojas. Gracias a su vasto despliegue en el Oriente peruano y puesto que las condiciones litológico-estructurales corresponden a las exigencias requeridas, siempre despertaron interés por formar posibles yacimientos secundarios, hipótesis que en ningún caso práctico se llegó a confirmar hasta la fecha.

3. *Rocas Techo:*

Con todo, precisa que las citadas rocas depósito dispongan de requisitos que impidan el escape, por lo que es indispensable la existencia de una tapa o trampa absoluta. Semejantes rocas protectoras, impermeables, o rocas techo, las hay superpuestas a cantidad de re-

servorios del Paleozoico, Mesozoico y Terciario, respectivamente. Son pizarrolutitas, lutitas, arenolutitas y calizas compactas, densas y a veces silicificadas. Frecuentemente bastan algunas capas de estas rocas para conseguir el cierre y sellado eficaz. Pero no siempre lograron una impermeabilización perfecta, y por trechos llegaron a sedimentarse después de un intervalo perjudicial, por lo que se vaciaron "ex tempore" las concentraciones ya realizadas.

4. *Estructuras Convenientes:*

La presencia forzosa de una estructura estratigráfico-tectónica favorable, para reunir y retener petróleo, es garantizada en áreas apreciables, consideradas en este trabajo.

Disposiciones que favorecen la concentración y almacenaje del aludido líquido, establecen las existentes discordancias, especialmente aquellas que implican la sucesión en forma angular. No solamente se propagan en amplios espacios, sino el número de varias angularidades aumenta lógicamente las probabilidades prácticas con carácter acumulativo. No evaluando las posibilidades que aún ofrecen las discordancias paralelas, recalcamos la presencia muy promisora de infinidad de acuñamientos o "pinch out", en inmejorable combinación litológico-estructural.

Pasando a las trampas de naturaleza tectónica, es de constatar que los pliegues persistentes casi de extremo a extremo en la Selva, son ampliamente capaces de poder amparar la colección y el acomodo del petróleo en sus múltiples anticlinales, domos y accidentes relacionados, muy aparte de Altos, "thrusts" y bloques, muchos de ellos con menor alcance. Demuestran los primeros los dispositivos esenciales, como ya los conocimos en el capítulo de Tectónica, para efectuar y salvaguardar una acumulación favorable, pero existen naturalmente también muchos elementos estructurales de configuración menos atractiva o adversa con pronóstico económico reducido o nulo. Propiedades sumamente complejas habrán de ofrecer los "stocks" de sal, cuyas estructuras deben ser consideradas seriamente, siempre y cuando estén dotadas de adecuada cobertura.

En todo caso ya se cuenta con crecida cantidad de facciones tectónicas bien estudiadas, con cálculo promisor de su espacio de drenaje, capacidad de acumulación y rendimiento. Pero a pesar del mosaico estructural ya algo definido, permanecen muy espaciosas regiones sin

prospección, en parte regiones con poco o ningún control de superficie geológico. Aguarda así también a la investigación geofísica una gran tarea, especialmente en las planicies de los cursos bajos del Marañón-Huallaga y Ucayali, en toda el área baja del Alto Amazonas y sus afluentes gigantes del lado Norte, como en la llanura del Madre de Dios oriental.

5. *Manifestaciones de Hidrocarburos:*

Indicios de esta naturaleza se conocen por la manera casi ininterrumpida y llamativa de su ocurrencia, desde la frontera con Bolivia, donde constan la continuación de las emanaciones del Tuichi-Beni y Madidi, O. Welter, 1931, hasta el límite con Ecuador, en cuyo territorio siguen brotando, Th. Wasson & J. H. Sinclair, 1927, y J. H. Tschopp, 1948, 1953.

Son múltiples las manifestaciones constatadas hasta hoy en el espacio de la Selva Peruana, cuya recopilación y catalogación se ha publicado por la Dirección de Petróleo, Ministerio de Fomento y O. P., 1954. Aquí señalamos únicamente que dichos indicios comprenden desde: olor de petróleo, desprendimiento de gas sulfuroso o de metano, surtidor combinado de gas, aceite y agua salada, impregnación-exudación de aceite liviano a asfáltico, hasta fuentes y manantiales potentes de petróleo. Estos se hacen patentes en el Tambopata, Alto Madre de Dios, Cadena Pantiacolla, Alto Manú, Mishagua, Alto Urubamba-Timpia, Pachitea, Medio Ucayali, Alto Pisqui, Medio Huallaga y Santiago. Se relacionan con anticlinales, domos de sal, fallas, sobrempujes-imbricaciones, asomos de límites formacionales y en general, rocas porosas.

Interesa sobre todo la edad de las rocas o secciones que albergan los "oil shows" u ojos de aceite enunciados arriba. A este respecto es de expresar, que ocurren en sedimentos del Paleozoico Superior hasta en la cima del Cretácico. No conocemos indicaciones positivas del Paleozoico Inferior, pero las calizas del Carbopérmico dan pruebas palpables, tanto in situ como en el pozo Agua Caliente No. 1, en cuya serie pérmica se descubrieron trazas de asfalto, aparentemente fósil. Indicios francos de petróleo del Jurásico Inferior, ofrecen en el Medio Huallaga los bloques de caliza bituminosa liásica arrastrados a la superficie por el estrujamiento de evaporitas. Empero, la aplastante mayoría de las vertientes se manifiesta en las formaciones cretácicas,

ubicadas en sectores ya indicados en el párrafo superior. Del Terciario, aparte de unos sumideros salinos, todavía no se ha señalado manifestaciones directas. En esta relación pueden considerarse las filtraciones de petróleo en el Cashiboya, al Sur de Contamana, como las probables más jóvenes, pues afloran en estratos de transición entre la Arenisca de Azúcar a las Capas Rojas.

Es indudable que la parte prominente de todos estos hidrocarburos ha migrado por distancias regulares hasta hospedarse en las series y ámbitos nuevos. Esta migración o difusión se efectuó directa o indirectamente, al través de secuencias en posición original, de bloques movidos, planos y zonas de fallas y agrietamiento, y al través de estructuras complejas de tipo salino diapírico. El hecho de las vías intrincadas aprovechadas por los hidrocarburos, muy poco dilucidadas en los terrenos del Oriente peruano, ilustra el ejemplo del sondeo Coninca No. 2, donde existen indicaciones irreprensibles en una Arenisca infracretácica, pero sin producirse rastro alguno más en las muchas otras formaciones del mencionado pozo exploratorio. Los sucesos diastróficos, especialmente su participación en la migración y preservación de los hidrocarburos deberían entonces constituir el motivo temático de todo futuro estudio.

6. *Concesiones y Perforaciones:*

En la fecha, 15 de abril de 1956, existen en el Oriente Peruano un total de 14.605,806.44 hectáreas en Concesiones, que según hectareaje de tipo Exploración o Explotación han sido otorgadas a las Compañías interesadas, y cuya distribución, según Ley, tipo y Compañía, se halla incluída en el cuadro siguiente:

Hectareaje de las Concesiones de Petróleo en
El Oriente Peruano, según Leyes, con fecha 15 de abril, 1956

Ley Nº 8527	Exploración	Explotación	Total
Compañía de Petróleo Ganso Azul Ltda.	——	30,000.00	30,000.00
Total Antigua Ley Nº 8527	——	30,000.00	30,000.00
Ley Nº 11780			
Compañía Peruana de Petróleo "El Oriente"	1'000,000.00	——	1'000.000.00
Compañía de Petróleo Ganso Azul Ltda.	333,537.98	——	333,537.98
Ganso Azul Compañía de Petróleo	——	14,723.80	14,723.80
Peruvian Gulf Oil Company	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Mobil Oil Company del Perú	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Peruvian Oils and Minerals Limited	713,671.87	42,250.00	755,921.87
Texas Petroleum Company	1'000.000.00	——	1'000,000.00
Peruvian Pacific Petroleum Company	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Richmond Oil Company	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Petróleo Sullana Limitada	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Corporación le Tourneau del Perú Inc.	115,394.61	——	115,394.61
Trans-Western de Perú S. A.	833,188.64	——	833,188.64
Cerro de Pasco Corporation	1'000,000.00	——	1'000,000.00
International Petroleum Company, Ltd.	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Petrolera Peruana S. A.	206,648.61	——	206,648.61
Inversiones Petroleras S. A.	299,818.94	——	299,818.94
Total Ley Noº 11780	11'502,260.65	56,973.80	11'559,234.45

Ley Nº 12376	Exploración	Explotación	Total
Compañía Peruana de Petróleo "El Oriente"	172,000.00	——	172,000.00
International Petroleum Company, Ltd.	1'000,000.00	——	1'000,000.00
Peruvian Pacific Petroleum Company	389,982.23	——	389,982.23
Cerro de Pasco Corporation	141,334.00	——	141,334.00
Mobil Oil Company del Perú	213,259.52	——	213,259.52
Richmond Oil Company	100,000.00	——	100,000.00
Texas Petroleum Company	999,996.24	——	999,996.24
Total Ley Nº 12376	3'016,571.99		3,016,571.99
Total General	14.518,832.64	86,973.80	14'605,806.44

Las actividades de las Compañías están precisamente para reanudarse, ya que hasta las perforaciones exploratorias se han visto obligadas a suspenderse temporalmente por las ingentes inundaciones regionales al final de la estación lluviosa, que por lo regular es violenta y cada año dura desde el quince de octubre hasta fines de abril, aproximadamente.

El único Campo productor es Agua Caliente o Ganso Azul —véase Mapa Indice—, cuyo primer pozo se terminó en febrero, 1939, y que suministró una buena corriente inicial; últimamente ha sido profundizado. Varias son las perforaciones que en el transcurso de los años se han efectuado en el mismo Campo y que por su producción han enfocado el interés en la Selva en general. Hace poco se terminó igualmente el sondeo Chonta No. 1, ensayando una nueva entidad estructural, vecina al domo de Ganso Azul. En el presente estudio nos referimos a los dos pozos antes citados por razones mayormente comparativas. Las otras perforaciones mencionadas son todas de tipo exploratorio-orientador, situadas encima o al lado de culminaciones de anticlinales-domos. Aportan un sinnúmero de excelente información geológica y sólo es de esperar, que la continuación de las operaciones, con circunstancias concurrentes mejores, retribuyan también materialmente el esfuerzo y las motivadas espectativas.

Sigue a continuación la tabla de las aludidas perforaciones, cuyos datos de registro, en gran parte, ya los hemos reproducido en el texto correspondiente. Por razones muy plausibles todavía no disponemos de los datos en su totalidad.

Perforaciones Exploratorias

Sondeo:	Localidad:	Profundidad: (en metros)	Observaciones:
Agua Caliente No. 1	Agua Caliente	1563.3	P. T., en granito.
Chonta No. 1	S Agua Caliente	665.3	P. T., en Carbopérmico.
Santa Clara No. 1	Orellana	326.5	Abandono, dificultades técnicas, en Agua Caliente.
Rayo No. 1	Canchahualla	792.5	P. T., en sienodiorita.
Coninca No. 1	Alto Pisqui	1417.3	Abandono, dificultades técnicas, en Arenisca de Azúcar.
Coninca No. 2	Alto Pisqui	2748.0	P. T., en Paleozoico Inf.
Cashiboya No. 1	Río Cashiboya	1247.8	Abandono, dificultades mecánicas.
Marañón 8-1	Bajo Marañón	2983.0	P. T., en Capas Rojas.
Marañón 22-1	Bajo Marañón	2802.9	Suspendido, en Capas Rojas.

Ahora, llegado al final de esta memoria, puede decirse, que para profundizar y redondear los conocimientos, no se han escatimado esfuerzos, ni en el campo de la exploración geológica ni de la perforación. Debemos admitir, que los sondeos exploratorios bajados hasta la fecha —sin contar las operaciones de Ganso Azul—, con un derroche de entusiasmo, capacidad científico-técnica y dinero, por Compañías tanto nacionales como extranjeras, todavía no alcanzaron a satisfacer las subidas esperanzas. Empero, ya se han logrado algunos resultados estimulantes que cunden el optimismo e inducen llevar adelante toda la exploración con margen halagador. No se necesita recalcar, que todo relacionado con el Petróleo es inherente de grandes capitales, riesgos y responsabilidades. Pero si consideramos en forma retrospec-

tiva el camino recorrido por la industria petrolera en otros países, entonces es deber subrayar, que el hecho decisivo, o sea el paso de la prospección y extracción puramente empíricas, al programa de exploración, perforación y producción cimentadas en principios científicos, ha llevado al éxito anhelado y completo. Igual orientación es imperativa para los propósitos actuales a seguir en la faja subandina; ya no puede dejarse al juego de la suerte, sino la presente etapa reclama mantener un alto y perseverante espíritu de investigación, coordinación y a menudo de sereno desistimiento personal.

El Perú es tierra de imperantes condiciones político-económicas despejadas, donde se sabe beneficiar las riquezas del Suelo Patrio no solamente para los compatriotas, que en ciertos casos podría limitar sus acicates y provechos, sino donde se señala derechos equitativos tanto para el bien del ciudadano como para el inversionista extranjero en aras de una recíproca apreciación utilitaria, de una propensa estabilidad y feliz convivencia. Hay amplia comprensión, ilimitados terrenos, sólido porvenir.

BIBLIOGRAFÍA

AHLFELD, F., *Geología de Bolivia*. Rev. Museo La Plata. T. III. Geol. No. 19. 1946, 370 pp., La Plata.

BALTA, J., *Fósiles de Carabaya*: Más fósiles de Carabaya. Bol. Min. Ind. y Constr., T. XIII. No. 9, 1897/98, pp. 69-70, y T. XIV, No. 3; pp. 19-21. Lima.

BELL, A. L., *El Petróleo en la Montaña del Perú*. Vol. Jub. Soc. Geol. Perú I Parte, 1949, pp. 128-136; y folleto, La Crónica, 8 julio, 1949, Lima.

BERRY, E. W., *Tertiary plants from eastern Peru*. Johns Hopkins Univ., Stud Geol., No. 6, 1925, pp. 163-177, Baltimore.

BOIT, B., *Geología post-carbónica de Carhuamayo*. Act Acad. Nac. Cienc. Exact. Físic. etc., Lima, Vol. VIII, fasc. II, 1945, pp. 69-85, Lima.

— *Nota preliminar sobre la Estratigrafía de las Alturas de Chasqui-Ayapitacc, Región de Chavinillo (Huánuco)*. Bull. Museo Hist. Nat. Jav. Prado. Geol., No. 4, 1955, pp. 1-17, Lima.

BOWMAN, I., *The Andes of Southern Peru*. 1916, 336 p., New York. Trad. por C. Nicholson, Arequipa-Perú, 1938, 267 p., Arequipa.

CHAPPEL, W. M., *Prospecting for Oil in the Marañón Basin*. Rev. The Peruv. Times, Vol. XV, No. 766, 1955, pp. 12-14, Lima.

CHASE, Ph. W., *The Geology along the Perene and Tambo Rivers of eastern Peru*. Jour. Geol., Vol. 41, 1933, pp. 513-526, Chicago.

Dirección de Petróleo, El Petróleo en el Perú, sus Ocurrencias, Manifestaciones superficiales y los Depósitos de Sal Gema. Dir. Petrol., Min. Fom. O. P., fasc. 1, 1954, 64 p., mapas, etc., Lima.

DOUGLAS, J. A.. *From the Port of Mollendo to the Inambari River* Quart. Jour. Geol., Soc., Vol. 76, 1920, pp. 1-58, London.

— *From the Port of Callao to the River Perene.* Quart Journ. Geol. Soc., Vol. 77, 1921, pp. 246-284, London.

— *The Geology of the Marcapata Valley in Eastern Peru.* Quart. Jour. Geol.. Soc. Vol., 89, 1933, pp. 308-354, London.

DUCLOZ, Ch. & RIVERA, R.. *La Formación Chonta en la Región del Río Cahuapanas, Oriente peruano.* Anal. Primer Con. Nac. Geol., Lima. 1955. En Impresión.

DUNBAR, C. O. & NEWELL, N. D.. *Marine Early Permian of the Central Andes and its Fusuline Faunas.* Amer. Jour. Sci., Vol. 241, 1946. pp. 377-402, and 457-491, New Haven, Con.

GARDNER, JULIA, *A recent collection of Pliocene invertebrates from the headwaters of the Amazonas.* Jour. Wash. Acad. Sci.. Vol. 17. No. 20. 1927. pp. 505-509, Washington.

GERTH, H. *Geologische und morphologische Beobachtungen in den Kordilleren Südamerikas.* Geol. Rundschau, 6, 1915, pp. 129-153.

— *Geologie Südamerikas.* Teil 1. 2 & 3. Gebr. Bornträger. 1932 35. Berlin.

— *Der Geologische Bau der Südamerikanischen Kordillere.* 1955. 264 p.. 6 Taf., 20 Blockdiagr., 62 Fig. Gerr. Bornträger, Berlin-Nikolassee.

GREVE, L. de, *Eine Molluskenfauna aus dem Neogen von Iquitos am oberen Amazonas in Peru.* Abh. Schw. Pal. Ges., Bd. LXI, Birkhäuser, Basel.

GROEBER. P. F. C.. *Mesozoico.* Geografía Rep. Argentina. Soc. Arg. Est. Geogr. GAEA, T. II, 1952, 541 p., Buenos Aires.

HAGERMANN, T.. *Informe preliminar sobre el levantamiento geológico del Depto. de Sta. Bárbara en la Provincia de Jujuy.* Bol. Inf. Petrol., No. 10, 1933, Buenos Aires.

HARRISON, J. V.. *Geología de los Andes Centrales en parte del Depto. de Junín, Perú.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. 16, 1943, pp. 7-51. Lima. Idem en inglés

HARRISON, J. V.. *Geología de los Andes Orientales del Perú Central.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. XXI, 1951, pp. 5-97, Lima.

— *Some Aspects of Andean Geology.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. XXVI, 1953. pp. 33-49, Lima.

HEIM, ARN.. *Croquis tectónico del Campo Petrolífero de Ganso Azul, Río Pachitea, Perú.* Bol. Dir. Min. y Petrol.. Minist. Fomento, No. 79, 1947. pp. 49-62, perf., tablas, Lima.

— *Geología de los Ríos Apurimac y Urubamba.* Inst. Geol. Perú, 1948, pp. 1-25, lám. I-X, Lima.

HOEMPLER, A. L., *Domos de Sal en la Cordillera Oriental.* Bol. Soc. Geogr. Lima, T. LXX. Informe sobre Exudaciones de Petróleo en la Selva. Dir Petrol., Minist. Fomento. Inédito. Lima, 1953.

HUFF, K. F., *Sedimentos del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en el Este del Perú.* Vol. Jub. Soc. Geol. Perú, fasc. 15, 1949, pp. 1-10, fig. Lima.

KNECHTEL, M. M., RICHARDS, E. F. & RATHBUN, M. V., *Mesozoic fossils of the Peruvian Andes.* The Johns Hopkins Univ., Stud. Geol., No. 15, 1947, 150 p., Baltimore.

LISSON, C. I., *Edad de los fósiles peruanos y distribución de sus depósitos.* 1 mapa, 1913/24, 226 p., Lima.

MARSHALL, W. B., *New fossil pearly fresh water mussels from deposits on the Upper Amazon of Peru.* Proc. U. S. Nat. Mus., No. 74, 1928, Washington.

MATHER, K. F., *Front range of the Andes between Sta. Cruz, Bolivia and Embarcación, Argentina.* Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 33, 1922, New York.

MAURY, C. J., *Argilas fossiliferas do plioceno do Territorio do Acre.* Bol. 77. Serv. Geol. e Mineral., 1937, Río de Janeiro.

MORAN, R. M. & FYFE, D., *Geología del Bajo Pachitea, Perú,* Bol. Of. Dir. Min. e Ind., Año XII, No. 41, 1933, pp. 43-54, Lima.

MOURA, P. & WANDERLEY, A., *Noroeste do Acre; reconhecimentos geológicos para Petróleo.* Bol. 26, Serv. Fom. Prod. Min., 1938, 176 p., Río Janeiro.

NEWELL, N. D. & TAFUR, I., *Ordovísico fosilífero en la Selva Oriental del Perú.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. XIV-XV, 1943, pp. 5-16, Lima.

NEWELL, N. D., CHRONIC, B. J. & ROBERTS, T. G., *Upper Paleozoic of Peru.* The University Serv. Bureau, Columbia Univ., 1949, 241 p., 20 pl., New York.

NORIEGA CALMET, F., *La Industria Petrolera en el Perú.* Versión taquigráfica d. l. Conf. en la Esc. Sup. de Guerra. 1953, 32 p., Lima.

OLIVEIRA, P. E., *Un brachiópodo carbonífero do rio Moa, Territorio do Acre.* Not. prel. 6, Serv. Geol. e Mineral., 1936, Río de Janeiro.

OLIVEIRA ROXO, M. G. DE, *Fosseis pliocenos do rio Juruá, Estado do Amazonas.* Notas prel. 9, Serv., Geol. e Mineral., 1937, Río de Janeiro.

OLIVEIRA, A. I. & LEONARDOS, O. H., *Geologia do Brasil.* 1943, 813 p., 2ª Ediç., Río de Janeiro.

OPPENHEIM, V., *Geological exploration between Upper Juruá river Brazil and Middle Ucayali river Peru.* Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., Vol. 21, 1937.

— *Geología de la Sierra de Cucutú, Frontera Perú-Ecuador.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. XIV-XV, 1943, pp. 104-121, Lima.

OPPENHEIM, V., *Geological reconnaissance in Southeastern Peru.* Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., Vol. 30, No. 2, 1946, pp. 254-264, Tulsa.

— *Geological exploration in the Amazon Basin of Peru.* Bogotá. 1952, Inédito.

PARSONS, H. E., *Geological reconnaissance in Southern Peru.* Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., Vol. 30, 1946.

PECK, R. E. & REKER, C. C., *Cretaceous-Lower Cenozoic Charaphyta from Peru.* Amer. Mus. Nat. Hist. Novit. No. 1369, 1947, pp. 1-6, New York.

PILSBRY, H. A., *Molluscan fossils from the Rio Pachitea and vicinity in eastern Peru.* Proc. Acad. Nat. Sci., Philadelphia, Vol. XCVI, 1944, pp. 137-153.

RASSMUSS, J. E., *Problemas del Petróleo en el Perú*. Vol. Jub. Soc. Geol. Perú, fasc. 13, 1949, pp. 1-24, Lima.

— *Beiträge zur Erdölgeologie Südamerikas: Das obere Amazonasbecken*. Erdöl und Kohle, 4. Jahrg., Heft 10, 1951, pp. 611-615, Hamburg.

RIVERA, R., *Fósiles Senónicos del Pongo de Rentema*. Vol. Jub. Soc. Geol. Perú. fasc. 17, 1949, pp. 1-35, Lima.

— *Fósiles maestrichtianos del Pongo de Rentema*. Anal. Primer Con. Nac. Geología. Lima. 1955, En impresión.

ROSENZWEIG, A., *Reconocimiento geológico en el curso medio del Río Huallaga*. Bol. Soc. Geol. Perú, T. XXVI, 1953, pp. 155-190, 1 mapa, Lima.

RÜEGG, W., *Estratigrafía Comparada del Oriente peruano*. Bol. Soc. Geol. Perú. T. XX, 1947, pp. 57-102, 1 mapa, 7 tablas, Lima.

— *Rasgos geológicos y geomorfológicos de la Depresión del Ucayali y Amazonas Superior*. Rev. Asoc. Geol. Argentina, T. VII, No. 2, 1952, pp. 106-124, 1 perf., Buenos Aires.

RÜEGG, W. & FYFE, D., *Some outlines on the Tectonics of the Upper Amazon Embayment*. Int. Geol. Con., Part VI, 1948, pp. 77-85, 1 pl. London.

— *Algunos aspectos sobre la estructuración de la Cuenca del Alto Amazonas*. Bol. Inst. Sudamer. Petróleo, Vol. 3, No. 2, 1950, pp. 2-25, 1 pl., Montevideo.

RÜEGG, W. & ROSENZWEIG, A., *Contribución a la Geología de las Formaciones Modernas de Iquitos y de la Amazonía Superior*. Vol. Jub. Soc. Geol. Perú. parte II, fasc. 3, 1949, pp. 3-26, 2 pl., Lima.

RUTSCH, R. F., *Die paläogeographische Bedeutung der Fauna von Iquitos im oberen Amazonasbecken*. Schw. Pal. Ges., Vol. 44, No. 2, 1951, pp. 447-450, Basel.

SCHLAGINTWEIT, O., *Observaciones estratigráficas en el Norte Argentino*. Bol. Inf. Petrol., No. 152, 1936, pp. 1-52, Buenos Aires.

SINGEWALD, J. H., *Pongo de Manseriche*. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 38, 1927, pp. 479-492, New York.

— *Geology of the Pichis and Pachitea Rivers, Peru*. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 39, 1928. pp. 447-464, New York.

SPILLMANN, F., *Una Mamifauna fósil de la región del Río Ucayali*. Bol. Publ. Museo Hist. Nat. Javier Prado, No. 1, Geol. y Pal., 1949, pp. 1-40, Lima.

STEINMANN, G., *Geologia del Perú*. 1929. 448 p., perf. map., lám., Carl Winters, Heidelberg.

STILLE, H. *Einführung in den Beau Amerikas*. 1940. 717 p., perf., map., lám., Gebr. Bornträger, Berlin.

THOMPSON, M. L., *Permian Fusulinid from Peru*. Jour. Pal., Vol. 17, 1943, pp. 203-205, Manasha.

TSCHOPP, H. J., *Bosquejos de la Geología del Oriente Ecuatoriano*. Bol. Inst. Sudamer. Petróleo, Vol. 1, No. 5, pp. 166-181, Montevideo. Y: Bull. Ver. Schw. Petrol. Geol. u. Ing., Vol. 15, No. 48, 1945-48, pp. 14-15, Basel.

— *Oil Explorations in the Oriente of Ecuador*, 1938-1950. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., Vol. 37, No. 10. 1953, pp. 2303-2347, Tulsa.

VALVERDE, R., *La cuenca petrolera peruana del Amazonas y su correlación estratigráfica con las formaciones petrolíferas del Continente Sudamericano.* Bol. Soc. Perú, T. XIX, 1946, pp. 81-132, Lima.

WASSON, Th. & SINCLAIR, J. H., *Geological exploration East of the Andes in Ecuador.* Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., Vol. 11, No. 12, 1927, pp. 1253-1277. Tulsa.

WEEKS, L. G., *Paleogeography of South America.* Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 59, 1947, pp. 249-262, 16 pl., 1 fig., New York.

WELTER, O., *El Petróleo de Caupolicán en Bolivia y probable extensión de sus yacimientos a la Montaña del Madre de Dios.* Bol. Soc. Geol. Perú, T. V, 1931, pp. 19-22, Lima.

WILLIAMS, M. D., *Depósitos Terciarios Continentales del Valle del Alto Amazonas.* Vol. Jub. Soc. Geol. Perú, Parte II, fasc. 5, 1949, pp. 1-13, Lima.

ANTILLAS

REPUBLICA DOMINICANA

LAS PRINCIPALES CUENCAS SEDIMENTARIAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA Y SUS POSIBILIDADES PETROLIFERAS

Por FELIPE GUERRA PEÑA
Consultor en Geología Petrolera de la Comisión de Fomento.

RESUMEN

De los 48,442 Km² de extensión superficial que tiene la República Dominicana, 39,800 aproximadamente, corresponden a terrenos sedimentarios, en los que se localizan cinco cuencas con posibilidades petrolíferas por existir en ellas las condiciones necesarias para la generación y almacenamiento de hidrocarburos.

Estas cinco cuencas sedimentarias, cuya superficie abarca 10,000 Km², son: 1) Cibao; 2) San Juan; 3) Enriquillo; 4) Azua; y 5) San Cristóbal-Baní. Como casi todos los rasgos geológicos que caracterizan la isla, deben principalmente su existencia, a movimientos tectónicos que dieron lugar a fosas de hundimiento, colmadas en su mayor parte por gruesos sedimentos del Terciario, a su vez fuertemente plegados y afallados.

El petróleo, conocido desde hace tiempo en la República Dominicana por los manaderos de Azua, ha sido objeto de diversas exploraciones que condujeron a su descubrimiento en dos lugares de dicha provincia: Higuerito, en 1904-1907; y Maleno, en 1939, lográndose obtener un total aproximado de 40,000 barriles de petróleo.

Con posterioridad a dichos descubrimientos, la Compañía Seaboard Dominicana de Petróleo, subsidiaria de la Standard Oil Company of New Jersey, realizó trabajos parciales de exploración entre los años 1940-1947, proseguidos por el Gobierno Dominicano desde 1952 a 1956.

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS CON POSIBILIDADES PETROLIFERAS EN LA REPUBLICA DOMINICANA *

Los dos tercios de la Isla de Santo Domingo, segunda en tamaño de las Antillas, correspondientes a sus partes central y oriental, inte-

* Ver figura 1.



FIG. I

Mapa de la República Dominicana mostrando las áreas sedimentarias y las cuencas con posibilidades petrolíferas. Escala 1 : 1.200.000

gran la República Dominicana, con una extensión superficial de 48,442 Km^2. De dicha cantidad, 39,800 Km^2 pertenecen a terrenos de origen sedimentario que forman la periferia de un núcleo de rocas ígneas y metamórficas de diversas clases, que recibe el nombre de Cordillera Central. Estos sedimentos se continúan a lo largo de todas las costas del país por la plataforma insular submarina, de unos 7,500 Km^2 de extensión, lo que hace ascender el total de áreas con posibilidades petrolíferas en la República, a la cifra de 47,300 Km^2 (Guerra, [8]).

Estas posibilidades se acentúan principalmente en cinco cuencas de deposición, en las que existen rocas que reúnen los requisitos exigidos para poder ser consideradas como generadoras de hidrocarburos, al mismo tiempo que otras los tienen para la acumulación, en gran número de estructuras favorables. Cuatro de estas cuencas permanecen todavía sin probar, mientras en la restante, hace tiempo se logró obtener producción comercial en estratos poco profundos, que se perdió después.

Las citadas cuencas de deposición, que cubren una superficie aproximada de 10,000 Km^2, se denominan:

1) Cuenca Septentrional o del Cibao;
2) Cuenca Central-Occidental o de San Juan;
3) Cuenca Meridional-Occidental o de Enriquillo;
4) Cuenca Meridional-Central o de Azua;
5) Cuenca Meridional-Oriental o de San Cristóbal-Baní.

La disposición de casi todas ellas, así como la de los levantamientos orogénicos, se acomoda naturalmente a la forma alargada de la isla, adoptando un sistema de rasgos paralelos de rumbo predominante NW-SE, y alternantemente positivos y negativos, de los que el más sobresaliente está constituído por la Cordillera Central, que es la única no integrada por rocas sedimentarias y que forma la columna vertebral de la isla entera (Cooke, [17]). Existe una identidad estrecha entre los grandes rasgos topográficos y los geológicos de la isla, correspondiendo a las montañas, grandes anticlinales, y a los valles, cuencas de sedimentación.

Las cuencas 1), 2), y 3), tienen caracteres fisiográficos comunes, por constituir largos y estrechos valles o depresiones entre cadenas

montañosas, en los que la longitud supera varias veces su anchura media, que en los tres es casi igual: 21.6 Km para la primera; 20.4 Km para la segunda; y 22 Km para la tercera.

Las cuencas 1) y 3) están abiertas por sus dos extremos, que forman las bahías de Manzanillo y Samaná, y de Port-au-Prince y Neiba, respectivamente.

Las cuencas 4) y 5), de extensión superficial muy inferior a las anteriores, consisten en valles costeros más o menos llanos, que forman otro grupo de análogas características entre sí, en el que el tamaño de sus ejes longitudinal y latitudinal se aproxima mucho, de forma que en ninguna de las dos llega a ser el primero doble al segundo.

La descripción individual de las mismas es la siguiente:

1) *Cuenca Septentrional o del Cibao.*—Fisiográficamente constituye una unidad bien diferenciada, que en su parte oriental alberga la red hidrográfica del río Yuna, y en la occidental la del río Yaque del Norte, los cuales desaguan, siguiendo cursos opuestos, en las bahias de Manzanillo y de Samaná. La divisoria de estas dos cuencas hidrográficas se encuentra en las inmediaciones de la ciudad de Santiago de los Caballeros, recibiendo la que se halla al E el nombre de Valle de la Vega Real o del Cibao Oriental, mientras que la que está al W se denomina Valle del Cibao, propiamente dicho, o del Cibao Oriental.

Colocada entre dos cordilleras, la Septentrional, que la limita por el N, y la Central, que la margina por el S, esta cuenca se continúa por Oriente en las aguas de la bahía de Samaná, muy poco profundas y pertenecientes a la plataforma insular submarina, que en el área tiene gran desarrollo y típico carácter, en tanto que por el Occidente se prolonga en la bahía de Manzanillo, de exigua plataforma sumergida, y por la Plaine du Nord, en Haiti.

Con una anchura máxima de 27 Km, y una mínima de 15, su eje longitudinal de 228 Km supera en más de diez veces el ancho del Valle, cuya superficie asciende a 4,900 Km^2, absorbiendo así casi la mitad de la total área de las cuencas sedimentarias.

2) *Cuenca Central-Occidental o de San Juan.*—Como la del Cibao, forma un valle alargado dividido entre dos sistemas hidrográficos de vertiente opuesta: el del río Macasía, afluente del Artibonito, que desagua en el golfo de Gonaives, y el del río San Juan, tributario del

Yaque del Sur, que desemboca en la bahía de Neiba. Tres cadenas montañosas la limitan por el N, S y E: la Cordillera Central, y las sierras de Neiba y de Ocoa, continuándose a Poniente por la Plaine Centrale, de Haiti.

Con una superficie de 1,778 Km², este valle tiene una longitud de 108 Km, superando más de cinco veces su promedio de anchura, que tiene un máximo de 36 Km en la frontera dominico-haitiana, y un mínimo de 5 Km en su extremo SE, al conectarse con la cuenca de Azua.

3) *Cuenca Meridional-Occidental o de Enriquillo.*—Forma una gran depresión alargada, endorreica, y en gran parte situada bajo el nivel del mar, con características fisiográficas extraordinariamente interesantes. Su longitud, de 96 Km, es casi cuatro veces y media la de su anchura, que tiene un máximo de 26 Km, por un mínimo de 15-18. Estrechamente encajonada entre dos levantamientos orogénicos, la Sierra de Neiba, y su prolongación la Loma de Martín García, que la limitan por el N y NE, respectivamente, y la Sierra de Baoruco, por el S, concluye al E en la bahía de Neiba, extendiéndose al W por Haiti, a través de la Plaine du Cul-de-Sac, hasta la bahía de Port-au-Prince, de iguales características geomorfológicas que la de Samaná que, como ella, forma una amplia zona de la plataforma insular sumergida.

La depresión topográfica central se encuentra ocupada por las aguas del lago Enriquillo, de unos 200 Km² de extensión, que nomina a la cuenca, y cuya superficie actual se encuentra a unos 45 metros bajo el nivel del mar.

Por su extensión de 1.950 Km², es la segunda en tamaño de la República.

4) *Cuenca Meridional-Central o de Azua.*—Interconectada con la de San Juan por el NW, y limitada al N y NE por la Sierra de Ocoa y sus estribaciones, mientras al W lo está por la Loma de Martín García, forma un amplio valle costero, denominado La Plena, o Valle de Azua, regado por los ríos Jura, Tábara, y sus afluentes, que se extiende por el S hasta la costa, en la bahía de Neiba, bajo cuyas aguas se prolonga por la plataforma submarina.

Su eje máximo tiene 48 Km, por 26 que tiene el mínimo, ocupando una superficie de 655 Km².

5) *Cuenca Meridional-Oriental o de San Cristóbal-Baní.*—Está formada por los valles topográficos de San Cristóbal, al Oriente, y de Baní, al Poniente, avenados por los ríos Nigua, Nizao y Baní, principalmente. Limitada al W y al N por la Cordillera Central o ramales de la misma que llegan hasta cerca del mar, éste la circunda por el S y el E, dando lugar su continuación sumergida a la parte más extensa de la plataforma insular en las costas meridionales de la República.

Aunque sus límites no están tan bien diferenciados como en las cuencas anteriores, se puede considerar que cubre ésta unos 784 Km^2, con una longitud máxima de 42, y una máxima anchura de 26 Km.

DESCRIPCION GEOLOGICA DE LAS CUENCAS

El complejo de rocas ígneas, metamórficas, y algunas sedimentarias que forman la Cordillera Central, nudo en el que convergen y fusionan los varios ramales estructurales occidentales del sistema caribe-antillano (Schuchert, [14]), que se extiende hacia Oriente por Puerto Rico e Islas Vírgenes (Mitchel, [12]), se encuentra flanqueado por gruesos sedimentos más modernos que las rocas que lo constituyen, pertenecientes en su mayor parte al Terciario marino, lo que da a todo el conjunto geológico de la isla la apariencia de un gigantesco anticlinal.

Estos depósitos, como toda la isla en general, han sufrido fuertes movimientos diastróficos en varios períodos de su historia geológica, que los han plegado y afallado severamente. Fuerzas tensionales, que originaron primero una serie de fosas de hundimiento dispuestas paralelamente entre pilares intercalados, de los que las separaban grandes fallas normales, fueron sucedidas posteriormente por enérgicas compresiones horizontales, procedentes principalmente del SW y del NE, que acentuaron los plegamientos y afallamientos ya existentes, dando lugar a otros nuevos, así como a grandes fallas de empuje en los bordes de las fosas tectónicas, obligando en dichas zonas a los estratos antiguos a cabalgar sobre los modernos. Como consecuencia de estos movimientos diastróficos combinados, las cuencas de sedimentación presentan el aspecto de sinclinorios, en tanto que los macizos montañosos lo ofrecen de anticlinorios.



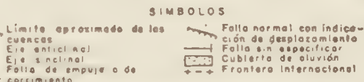


Fig. 2.—Mapa tectónico de las cuencas sedimentarias de San Juan, Azua y Enriquillo, en la República Dominicana. Escala 1 : 400.000

De esta forma, las grandes fallas de empuje que limitan las cuencas por su lado septentrional fueron producidas principalmente por la compresión procedente del NE, mientras que las que las marginan meridionalmente se debieron en mayor grado a la fuerza compresiva procedente del SW. Dichas fuerzas conjuntas dieron por resultado el que la corteza terrestre en la parte correspondiente a la isla se acortase aproximadamente en un 15% (Small, [15]).

Las fuerzas ejercidas desde el SW y desde el S fueron las más intensas, provocando más numerosos afallamientos en la región meridional del país que en las restantes. El echado promedio, igualmente, resulta mucho más acentuado en el S, suavizándose paulatinamente a medida que se aleja hacia el N. Por otra parte, y a causa de estas fuertes presiones opuestas, las estructuras en esta zona, tienen flancos septentrionales comúnmente escarpados, que llegan a veces a la vertical y, en ocasiones, a tumbarse, motivando un fenómeno general de asimetría en las mismas, mientras los flancos meridionales son de echado más moderado.

Estas cuencas sedimentarias, fosas tectónicas en la mayoría de los casos, y marginales de deposición en los otros, tienen las siguientes principales características geológicas:

1) *Cuenca del Cibao.*—Fosa de hundimiento estrecha y alargada, comprimida entre los pilares formados por la Cordillera Septentrional al N, y la Cordillera Central y los Montes del Seibo, al S, de los que la separan grandes fallas producidas por gravedad y compresión, y en la que se encuentran depositados gruesos sedimentos marinos que yacen en contacto sobre el basamento complejo en disposición sinclinal, los cuales afloran en los flancos de la cuenca y en las estribaciones de las cordilleras citadas.

La parte céntrica de la misma se encuentra cubierta por aluviones y terrazas del Reciente, depositados sobre el Mioceno, que aflora en una gran extensión de su superficie, flanqueado por el Oligoceno subyacente que lo margina en ambos lados. El Eoceno sólo aflora en el borde septentrional. No se han localizado en la cuenca rocas sedimentarias Pre-Terciarias.

El espesor medio de todos los estratos combinados del Terciario se calcula en unos 10,000 metros, estimándose que puede llegar localmente dicha cifra a 15,000 m.

De todos ellos, es el Oligoceno Medio el que tiene mayor espesor y el que presenta más favorables condiciones como fuente generadora y albergue de hidrocarburos en toda la cuenca del Cibao, encontrándose compuesto por conglomerados que integran su mitad inferior, y por areniscas porosas alternando con lutitas carbonosas que forman la mitad superior, con calizas arrecifales en la cima. En la localidad típica, Tabera, que da su nombre a la Formación se hallan expuestos sólo 800 metros de estos sedimentos, pero observaciones realizadas en otros lugares permiten calcular su grueso en más de 8,000 metros (Cooke, [17]).

No se han localizado hasta ahora manifestaciones superficiales de hidrocarburos en la cuenca, ni tampoco ha sido probada con perforación petrolera alguna, no obstante existir estructuras favorables para ello.

2) *Cuenca de San Juan.*—Fosa de hundimiento igualmente, cuyos sedimentos del Terciario se correlacionan con los de la vecina cuenca de Azua, y con parte de los de la de Enriquillo. Se encuentra enmarcada por sistemas de afallamientos frontales análogos a la del Cibao, a lo largo de la Cordillera Central y de la Sierra de Neiba, que forman su límite septentrional y meridional, respectivamente. También al igual que en el Cibao, su disposición sinclinal hace que bajo la cubierta aluvional se encuentren los depósitos del Mioceno, muy extendidos en la cuenca, marginados por bandas del Oligoceno, que aflora a ambos lados y que subyace al Mioceno. A estas épocas pertenecen las rocas más antiguas conocidas en esta área.

Los sedimentos más favorables desde el punto de vista petrolífero, corresponden al Mioceno Inferior y al Oligoceno, los cuales contienen arenas y calizas porosas, semejantes a las que afloran en las cuencas de Azua y de Enriquillo.

Un solo pozo ha sido perforado en esta cuenca, el cual fué suspendido por avería a los 1,797 metros de profundidad, después de atravesar los estratos del Oligoceno, que afloran en la superficie, y del Eoceno Medio, y antes de alcanzarse el objetivo señalado.

3) *Cuenca de Enriquillo.*—Constituída por un "graben" bien definido, fuertemente comprimido entre los dos grandes macizos calizos de las sierras de Neiba y de Baoruco, y separado de ellos por siste-

mas escalonados de fallas normales y de empuje, los cuales forman un conjunto notable que caracteriza la cuenca.

En tiempos no lejanos, esta fosa tectónica, cubierta por aguas marinas superficiales, formaba un estrecho que separaba las montañas de Baoruco y la península del SW de Haití, del resto de la isla actual, originando una isla más pequeña. Más adelante, cerrado este canal al Poniente por un levantamiento, y al Oriente por los arrasres acumulados en su delta por el río Yaque del Sur, hubo de irse evaporando poco a poco el contenido líquido de esta cuenca cerrada por sus extremos hasta entonces libres, quedando al presente, como resto, un lago cuyas aguas de elevada salinidad llenan la depresión central de la cuenca, y una serie de terrazas arrecifales superpuestas, tanto en los bordes del primitivo brazo marino, hoy desecado, como en el interior del lago mismo, en la isla de Cabritos, que marcan los sucesivos niveles que este cuerpo líquido ha tenido en los más recientes tiempos geológicos. Las aguas de este lago Enriquillo y los aluviones, cubren gran parte de la superficie de la cuenca entera, especialmente en las partes central y oriental.

No obstante, a todo lo largo de ella, en sus bordes, afloran rocas sedimentarias del Terciario marino: del Oligoceno y Mioceno en la parte septentrional; y del Oligoceno, Mioceno, y Plioceno, en la parte meridional. En su extremo oriental superior existen algunos afloramientos del Eoceno, que forma el núcleo principal de los macizos montañosos de Neiba y Baoruco, ya citados. Estas rocas del Oligoceno y Mioceno que aparecen en los bordes opuestos de la cuenca se correlacionan, al extenderse por toda ella, bajo el aluvión y las deposiciones del Plio-Pleistoceno.

El espesor conjunto de estos sedimentos se estima pasa de los 15,000 metros, pudiéndose calcular su promedio en unos 10,000. Todos ellos se encuentran fuertemente plegados e intensamente afallados en el gran número de estructuras superficiales existentes en la cuenca, muchas de ellas anticlinales muy favorables para el almacenamiento de hidrocarburos.

Esta unidad sedimentaria contiene numerosas e interesantes muestras superficiales, en forma de manaderos de gas y de petróleo, encontrándose entre las primeras los dos grupos de manaderos de gas del área de Boca de Cachón (Fig. 3), alineados probablemente a lo largo de fallas, y en la prolongación de estructuras anticlinales ero-

PLANO DE LA ZONA DE
MANADEROS DE GAS DE BOCA DE CACHON
EN LA CUENCA DE ENRIQUILLO
REPUBLICA DOMINICANA
POR
FELIPE GUERRA PEÑA
CIUDAD TRUJILLO, R. D.
MARZO 1956

SIMBOLOS
Eje anticlinal
Eje sinclinal
Rumbo y buzamiento
Rumbo y buzamiento moderado
Estratificación horizontal
Contacto de formación
Aluvión
Falla normal con indicación de desplazamiento
Falla horizontal con indicación de desplazamiento
Falla sin especificar
Escarpa de terraza o de estructura erosionada
Manaderos de gas

BOCA DE CACHON
LA PLAYA
LA LANCHA
LAGO ENRIQUILLO
Kilómetros
Dib. J. Alcántara

FIG. 3

Plano de la zona de manaderos de gas de Boca de Cachón, en la cuenca de Enriquillo. Escala 1 : 20.000

sionadas, cubiertas por los sedimentos del Reciente que forman el fondo desecado del antiguo canal marino, en el extremo occidental de la cuenca dominicana y no lejos del lago Enriquillo. Igualmente son de gran interés los afloramientos del Mioceno, muy abundantes y extendidos en el área de la cuenca, que desprenden un fuerte olor a petróleo, característica común de muchas de sus rocas.

Las posibilidades petrolíferas se reparten entre el Mioceno Inferior y el Oligoceno Superior. Pertenece a éste último la caliza porosa Florentino, considerada como la fase arrecifal de la Formación Trinchera (Bermúdez, [1]).

Sólo se ha perforado un pozo en esta cuenca, el cual fué también suspendido a la profundidad de 2,673 metros, por haberse encontrado altas presiones de fondo, sin alcanzarse la citada caliza arrecifal Florentino, y mucho antes de agotarse las posibilidades del equipo de perforación, capaz de llegar a los 3,650 metros de profundidad. Toda la sección atravesada en ese pozo corresponde al Mioceno, Plioceno y Reciente.

4) *Cuenca de Azua.*—Es la conocida desde hace más tiempo, por sus manaderos de petróleo y gas de Higuerito, que atrajeron inicialmente la atención sobre la isla como posible productora de hidrocarburos. Por dicho motivo ha sido la más detenidamente estudiada y en la que se han verificado todas las perforaciones de pozos petroleros efectuadas hasta el día en la República, con la excepción de los dos no terminados, en las cuencas de San Juan y Enriquillo, mencionados antes. Igualmente, todo el petróleo obtenido en la República, ha sido logrado en esta cuenca.

Forma una depresión cubierta superficialmente en su mayor extensión por aluviones, sobre todo en la parte que corresponde al Llano de Azua, en cuyas márgenes septentrionales afloran estratos muy plegados del Mioceno, que se extienden por debajo de los depósitos del Reciente. De esta llanura emergen, formando cerros, unos cuantos afloramientos del Oligoceno, que subyace al Mioceno hasta los bordes mismos de la cuenca, donde las fallas de empuje que la limitan han hecho que las rocas del Eoceno que forman todo el frente montañoso se encuentren directamente sobre ellas, así como sobre las del Mioceno, allí donde están expuestas.

En esta cuenca existen numerosas estructuras anticlinales, como las de Higuerito y Maleno, en cuyas superficies afloran estratos del Mioceno Inferior y Medio.

Es incuestionable la existencia de petróleo en esta cuenca, como lo prueba la producción lograda en las dos estructuras citadas, y los manaderos vivos de petróleo y gas en la de Higuerito. El problema del origen de este petróleo no se encuentra todavía satisfactoriamente resuelto, suponiéndose que, en Maleno, o bien es indígena del Mioceno Inferior, en cuyas lutitas carbonosas grises se ha podido generar, o bien que procede de rocas más profundas del Oligoceno, y posiblemente del Eoceno, almacenado en lentes de arena situadas en varios horizontes del Mioceno Inferior, entre los 350 y 400 metros de profundidad. Por lo que respecta al de Higuerito, también se considera oriundo del Oligoceno, o de estratos más profundos, de zonas de arenas porosas, lutitas, o calizas arrecifales, o de conglomerados, y emigrado por fallas hacia la superficie y atrapado por ellas.

El Oligoceno Inferior contiene lutitas, areniscas, y calizas porosas; y el Superior, lutitas, lutitas arenosas y conglomerados.

El Mioceno Inferior está formado por lutitas, areniscas, arcillas arenosas, calizas arrecifales y conglomerados; el Mioceno Medio, por conglomerados y areniscas, con calizas en la cima; y el Mioceno Superior, de origen no marino, por conglomerados y arcillas arenosas (Bermúdez [1]; Small, [15]).

El espesor conjunto de los depósitos sedimentarios de esta cuenca es aproximadamente de unos 7,000 a 8,000 metros.

Se han perforado en esta cuenca un total de 25 pozos; 13 en la estructura de Higuerito; 9 en la de Maleno; y 3 más de prueba en otras estructuras más o menos alejadas de las mencionadas. De ellos, los que produjeron tienen casi todos menos de 300 metros de profundidad en Higuerito, y en la de Maleno, menos de 1,000, salvo uno. De encontrarse el petróleo en estratos profundos no se ha podido alcanzar con dichas perforaciones. Uno de los pozos perforados en la estructura más cercana a la de Maleno, al W, produjo abundante gas aunque no en cantidad comercial.

5) *Cuenca de San Cristóbal-Baní.*—Ofrece esta cuenca sedimentaria la particularidad de que es la única cuyos estratos y rasgos tectónicos, tienen un rumbo predominante N-S, en lugar de NW-SE, que es el generalizado en todas las descritas anteriormente.

Se debe este fenómeno al acomodamiento de los sedimentos a las rocas cristalinas más antiguas de la Cordillera Central, sobre las cuales yacen en contacto deposicional, y que siguen esa dirección N-S (Weyl, [19] y [20]), como lo hace igualmente subordinada a unos y a otras su expresión topográfica (Guerra, [5]) en este extremo meridional de dicha cadena montañosa central.

Sobre el basamento complejo yacen depositados el Oligoceno, Mioceno, y Plioceno, dispuestos en forma sinclinal; aflorando en bandas que se circundan sucesivamente, alrededor del área central cubierta por el Plioceno, en la parte meridional de la cuenca. en su límite con el mar, y como prolongación extrema occidental del Llano Costero que ocupa toda la parte meridional del E de la isla. En su parte occidental, afloran en esta cuenca rocas del Eoceno, que se prolongan hasta la cuenca de Azua, más al W.

El espesor del Oligoceno y Mioceno puede estimarse en 5, ó 6,000 metros, encontrándose en el primero conglomerados en la base, y calizas y lutitas en la parte superior, y en el segundo, conglomerados con arenas en la parte inferior, y arenas y lutitas en la superior.

Las diversas estructuras anticlinales, como toda la cuenca, se encuentran afalladas, y tanto los ejes de aquéllas, como las diversas clases de fallas, siguen rumbo predominante N-S, según queda dicho.

Existen algunos escapes de hidrocarburos en el área, en la que hasta ahora no se ha perforado ningún pozo de prueba, no obstante las posibilidades existentes en los estratos del Mioceno, y en los del Oligoceno.

HISTORIA DE LAS PERFORACIONES PETROLERAS EN LA REPUBLICA DOMINICANA

La existencia de petróleo, aunque conocida desde muy antiguo en la isla de Santo Domingo, fué señalada de un modo concreto en 1872 por William M. Gabb [3], a quien se debe el primer reconocimiento geológico de la República, pero hasta 1904 no se hizo el primer intento serio para extraerlo, en las proximidades de los manaderos de petróleo y gas de Higuerito, en la provincia de Azua, y sin otra guía que estas exudaciones, por los perforadores Lancaster y Kreider. En efecto, el primer pozo se perforó a menos de cinco metros de distancia de uno de los escapes, brotando petróleo antes de llegarse a los 300 me-

MAPA GEOLOGICO
DE LA
REPUBLICA DOMINICANA
COMPILADO POR
FELIPE GUERRA PEÑA

DE LOS TRABAJOS DE WALTER M. SMALL (1947), RICHARD WEYL (1947), Y DE CLYDE P. ROSS Y DAVID J. VARNES (1941 Y 1942)
MOSTRANDO LAS RELACIONES ESTRUCTURALES CON LAS ISLAS VECINAS, SEGUN L. RUTTEN (1938)

MEXICO (D. F.) ENERO, 1952

KILOMETROS

SIMBOLOS GEOLOGICOS

ROCAS SEDIMENTARIAS

CENOZOICO — TERCIARIO

MESOZOICO

A — ALUVION
P — PLIOCENO (INCLUIDO PLEISTOCENO)
M — MIOCENO
O — OLIGOCENO
E — EOCENO
EOC — EOCENO OLIGOCENO INDIVISOS
C — CRETACICO
MES — MESOZOICO INDIVISO

ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

I — IGNEAS INDIVISAS
V — VOLCANICAS INDIVISAS
CRETACICO (BASALTO Y DIORITA) / JURASICO (ESQUISTOS) — INDIVISOS
J ESQ — JURASICO-ESQUISTOS
CRETAC Y JUR (DIOR Y ESQUIST) INDIVISOS
CRETACICO (DIORITA)
I & MET — IGNEAS Y METAMORFICAS INDIVISAS
MET — METAMORFICAS

FALLA NORMAL
FALLA DE EMPUJE

OCEANO ATLANTICO
BAHAMA
CUBA
HAITI
REPUBLICA DE HAITI
JAMAICA
PUERTO RICO
MAR CARIBE
O DE LAS ANTILLAS
CANAL DE LA MONA

CORDILLERA SEPTENTRIONAL
VALLE DEL CIBAO OCCIDENTAL
O DE SANTIAGO
VALLE DEL CIBAO ORIENTAL
O DE LA VEGA REAL
CORDILLERA CENTRAL
MONTAÑAS DEL SEIBO
LLANURA COSTERA
SIERRA DE NEIBA
HOYA DE ENRIQUILLO
SIERRA DE BAHORUCO
BAHIA DE SAMANA
CIUDAD TRUJILLO
ISLA SAONA

Figura 4.

tros de profundidad, con una producción de unos 15,000 barriles, que en su casi totalidad se perdieron. Cerrado el pozo durante una larga temporada para acondicionar tanques, produjo agua salada cuando se abrió de nuevo. Posteriormente, hasta 1907, se perforaron otros pozos en el área, en número de 8, con buenas muestras, el quinto de los cuales localizado cerca de otros manaderos, produjo varios miles de barriles, y considerable cantidad de gas, a los 285 metros de profundidad.

No se reanudaron los trabajos de perforación, hasta 1920, en que se hicieron otros dos pozos en Higuerito, por la Santo Domingo Investment Company, ninguno de los cuales llegó a los 900 metros de profundidad, sin lograrse producción comercial, no obstante haberse encontrado cantidades pequeñas de petróleo en varios horizontes. La Santo Domingo Investment abandonó entonces el área de Higuerito y se trasladó a Maleno, la estructura más inmediata. perforando allí su tercer pozo, primero de Maleno, localizado demasiado al norte de la estructura, que produjo petróleo y gas, pero no en cantidad comercial. En la actualidad aún produce pequeñas cantidades de petróleo, gas y agua salada.

El siguiente pozo lo perforó la Texas Company en 1927-1928, en Higuerito, hasta los 881 metros de profundidad, que produjo petróleo en alguna cantidad, sin llegar a ser comercial.

Siguió un período de paralización hasta 1939, en que la Dominican Seaboard Oil Company, inició las perforaciones en Maleno, con sus pozos 1 y 1A, que produjeron alrededor de 15.000 y 4,500 barriles de petróleo respectivamente, a las profundidades correspondientes de 136 y 121 metros, hasta que el constante aumento en la proporción de agua salada los inutilizó.

Abandonadas las estructuras de Maleno e Higuerito, la Seaboard probó otras dos en 1940, cerca de dichas áreas, dentro de la cuenca de Azua, con resultado negativo, para regresar de nuevo a Maleno, donde perforó 5 pozos más en 1942-1943, cuyas profundidades oscilaron entre 200 metros como mínimo, y 500 como máximo. Se obtuvieron buenas muestras de todos, y en uno de ellos alguna producción. De nuevo se volvió en 1943-1944 a Higuerito, y se perforaron dos pozos con alguna profundidad mayor que los anteriormente taladrados en el área, alrededor de los 1,000 metros lográndose muy buenas

señales pero ninguna producción. Después de esto, se desistió del propósito de obtener producción superficial en Maleno y en Higuerito.

En 1944 se perforó el pozo Las Hormigas, el cual fué suspendido sin alcanzarse la meta señalada, a la profundidad de 1,545 metros, por agotamiento de la capacidad del equipo, no obstante haber dado fuertes y persistentes brotes de gas con mucha presión y otras manifestaciones de hidrocarburos.

Finalmente, en 1947, se regresó una vez más a Maleno, perforándose un pozo que fué abandonado a la profundidad de 1,731 metros, por pérdida de la circulación del lodo en una profunda caverna, y luego de tenerse que controlar un violento brote de agua salada sulfurosa y de gas sulfuroso, que produjo 50,000 barriles diarios durante una semana.

Fuera de la cuenca de Azua, la Seaboard perforó en 1944-1945 el pozo Comendador, único en la cuenca de San Juan, suspendido por avería; y, en 1946, el pozo Mella, único también en la cuenca de Enriquillo, suspendido igualmente por la gran presión de fondo encontrada.

De las 27 perforaciones realizadas hasta ahora en la República, se desprende:

1o. Que no se consiguió el propósito de lograr producción comercial superficial en ninguno de los dos campos en que se encontró inicialmente petróleo, en la cuenca de Azua;

2o. Que la cuenca sedimentaria del Cibao, que comprende la mitad de la extensión superficial de todas ellas, no ha sido probada de ninguna forma;

3o. Que la cuenca de San Cristóbal-Baní tampoco lo ha sido en ningún sentido;

4o. Que la cuenca de San Juan ha sido insuficientemente probada, toda vez que el único pozo perforado en ella hubo de suspenderse por avería y antes de llegarse al objetivo señalado, sirviendo solamente de información;

5o. Que tampoco ha sido suficientemente probada la cuenca de Enriquillo, puesto que la única perforacion efectuada en ella se suspendió igualmente, mucho antes de alcanzarse la meta señalada, facilitando solamente información estratigráfica de la sección atravesada.

Y esto, claro es, independientemente del número de estructuras favorables que puedan existir en cada cuenca.

En los últimos años, el Gobierno Dominicano, deseoso de evaluar las posibilidades petrolíferas de la República, inició en 1952 un programa de exploración que ha continuado hasta el final de 1955, el cual ha dado por fruto la confección de 113 mapas de interpretación fotogeológica a escala 1:20,000, y de otros 6 a escala 1:40,000, utilizándose para ello fotografías aéreas verticales y los correspondientes mosaicos fotográficos aéreos, todos los cuales cubren un total aproximado de 20,000 Km^2 del territorio nacional. Además, se verificó la exploración geológica superficial semi-detallada de alguna de las cuencas sedimentarias.

BIBLIOGRAFÍA

1 Bermúdez, Pedro J. *Tertiary Smaller Foraminifera of the Dominican Republic;* Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Special Publication No. 25, con XXXVI láminas; Sharon, Massachusetts, December 21. 1949.

2 Gabb, William M. *Notes on the Geology of the Santo Domingo.* The American Journal of Science and Arts, No. 4, Vol. I, New Haven, Connecticut, April 1871.

3 Gabb, William M. *On the Ocurrence of Petroleum on the Island of Santo Domingo;* The American Journal of Science and Arts. No. 18, Vol. III. New Haven, Connecticut, June 1872.

4 Gabb, William M. *On the Topography and Geology of Santo Domingo,* con un mapa: Transactions of the Philosophical Society. Vol. XV, Philadelphia, 1873.

5 Guerra Peña, Felipe. *Contribución a la Morfografía de la Isla de Santo Domingo, La Cordillera Central: su Verdadero Rumbo y Límites,* con un mapa; Revista de la Secretaría de Agricultura de la República Dominicana, Ciudad Trujillo, Junio 1946.

6 Guerra Peña, Felipe. *Descripción Geológica General de la República Dominicana,* con 2 mapas; informe privado de la Comisión de Fomento, Ciudad Trujillo, 1952.

7 Guerra Peña, Felipe. *Reconocimiento de las Cuencas de Enriquillo y de Azua, República Dominicana,* con 5 mapas y XLVI fotografías; informe privado de la Comisión de Fomento, Ciudad Trujillo, 1953.

8 Guerra Peña, Felipe. *Extensión y Posibilidades Petrolíferas de la Plataforma Insular Submarina de la República Dominicana,* con 3 mapas; informe privado de la Comisión de Fomento, Ciudad Trujillo, 1956.

9 Maury, Carlotta J. *Santo Domingo Type Sections and Fossils,* con XXXIX láminas; Bulletin of American Paleontology, Vol. 5, Part. I, No. 29 & Part. II, No. 30, Cornell University, Ithaca, 1917.

[10] MAURY, CARLOTTA J. *Santo Domingo Paleontological Explorations;* Journal of Geology, Vol. 26, No. 3, 1918.

[11] MAURY, CARLOTTA J. *On the Correlation of Porto Rican Tertiary Formations with other Antillean and Mainland Horizons;* The American Journal of Science, Vol. XLVIII, New Haven, Connecticut, September, 1919.

[12] MITCHEL, RAOUL C. *La position Tectonique de la Republique Dominicaine;* Cahiers Géologiques de Thoiry, No. 21, Thoiry (Ain), France, Novembre 1953.

[13] RAMÍREZ, RICARDO. *Descripción de algunos moluscos del Mioceno del Valle del Cibao, de la República Dominicana;* Publicaciones de la Universidad de Santo Domingo, Vol. LXX, Serie IV, No. 1, Ciudad Trujillo, 1949.

[14] SCHUCHERT, CHARLES. *Historical Geology of the Antillean Caribbean Region;* John Wiley, New York, 1935.

[15] SMALL, WALTER M. *A Short Description of the General Geology of the Dominican Republic*, con un mapa; Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. XV, No. 1, January 1948.

[16] VAUGHAN, THOMAS W. *Contributions to the Geology and Paleontology of the West Indies;* Carnegie Institution, Washington, 1919.

[17] VAUGHAN THOMAS W., WYTHE COOKE, CONDIT D. D., ROSS, C. P., WOODRING, W. P. and CALKINS, F. G. *A Geological Reconnaissance of the Dominican Republic*. Prepared by the United States Geologicl Survey, Washington 1921.

[18] WEYL, RICHARD. *Zur Geologie der Cordillera Central von Santo Domingo;* Veroff. d. Deutsh-Dominikan. Tropen. Instituts, No. 1, 1939.

[19] WEYL, RICHARD. *Bau and Geschichte der Cordillera Central von Santo Domingo;* Veroff. d. Deutsch-Dominikan Tropen. Instituts. Bd. 2, 1941.

[20] WEYL, RICHARD. *Geología Histórica de la Cordillera Central de la Isla de Santo Domingo y su Posición en el Arco de las Antillas;* Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México 1948.

GEOLOGIA DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS DE VENEZUELA Y DE SUS CAMPOS PETROLIFEROS

Por G. A. Young[1], A. Bellizzia[2], H. H. Renz[3], F. W. Johnson[4], R. H. Robie[5] y J. Mas Vall[6]

RESUMEN

La compleja configuración geológico-tectónica de la República de Venezuela es el resultado de sucesivas transgresiones y regresiones, asociadas con movimientos orogenéticos y epirogenéticos y localmente con actividad ígnea y metamorfismo. Toda esta actividad geológica se tradujo en la formación de cuatro importantes cuencas sedimentarias, que generalmente coinciden con las provincias geológicas productoras de petróleo y gas.

La cuenca Maracaibo-Falcón se encuentra en la parte noroccidental del país y es la provincia geológica con mayor producción de petróleo.

La cuenca Barinas-Apure está situada al suroeste de la República y constituye una provincia petrolífera de magnitud desconocida, aunque recientemente se han hecho descubrimientos de gran importancia.

La cuenca Oriental de Venezuela es una provincia petrolífera muy prominente, siguiendo en importancia a la cuenca de Maracaibo.

La cuenca Tuy-Cariaco, al norte de la cuenca Oriental de Venezuela, representa una ensenada terciaria cerca del extremo oriental de la cordillera Occidental del Caribe. Aunque se presentan manifestaciones superficiales de petróleo, todavía no se ha encontrado en ella acumulación comercial.

En el presente trabajo se da una descripción de los campos petrolíferos más importantes de Venezuela, además de la historia de su desarrollo con cuadros estadísticos hasta el 1º de enero de 1956.

Desde los comienzos de la industria petrolera en el año de 1878, Venezuela, gracias a los grandes esfuerzos de exploración, al uso de la técnica y equipos más avanzados en perforación y producción, a las altas normas de conserva-

1 Mene Grande Oil Company.
2 Ministerio de Minas e Hidrocarburos.
3 Mene Grande Oil Company.
4 Creole Petroleum Corporation.
5 Venezuelan Atlantic Refining Company.
6 Ministerio de Minas e Hidrocarburos.

ción y a una legislación apropiada ha llegado a ocupar el segundo lugar como productor y el primero como exportador de petróleo en el mundo.

PREFACIO

El presente trabajo, resultado del esfuerzo de geólogos de varias compañías petroleras y del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, constituye la Memoria de Venezuela para el Symposium sobre Yacimientos de Petróleo y Gas para ser presentado ante el Congreso Geológico Internacional de México en 1956.

La coordinación estuvo a cargo de la Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, con la colaboración de las siguientes empresas petroleras: Creole Petroleum Corporation, Mene Grande Oil Company, Compañía Shell de Venezuela, Venezuelan Atlantic Refining Company, Socony Mobil Oil Company de Venezuela, Sinclair Oil and Refining Company, Phillips Oil Company, Talon Petroleum Company, Pantepec Oil Company, Texas Petroleum Company, Sociedad Anónima Petrolera Las Mercedes y Richmond Exploration Company.

Se agradece a las siguientes personas, que en alguna manera ayudaron a la preparación del presente trabajo, su decidida colaboración: John H. Douglass, Felix A. Dania, Gustavo Feo C., José Luis Padrón, E. F. Lenert, P. R. Woodside, V. M. Petzall, Cecilia de Petzall, Brígido Natera, María M. de Natera, Cecilia Martin Bellizzia, Armando Schwarck Anglade y Virgil Winkler, quien substituyó temporalmente a uno de los autores en las discusiones finales.

Durante la preparación de este escrito se hizo libre uso de los siguientes informes: "The Eastern Venezuelan Basin" por H. H. Renz, H. Alberding, K. F. Dallmus, J. M. Patterson, R. H. Robie, N. E. Weisbord y J. Mas Vall; "Habitat of Oil in the Maracaibo Basin, Venezuela" por John B. Miller, K. L. Edwards, P. P. Wolcott, H. W. Hanisgard, R. Martin y H. Anderegg; "Stratigraphy and Geological History of Eastern Venezuela" por H. H. Renz y "Léxico Estratigráfico de Venezuela" por varios autores. Estos trabajos se encuentran actualmente en imprenta.

INTRODUCCIÓN

La República de Venezuela, situada al norte de la América del Sur, tiene una historia geológica muy compleja que abarca desde el pre-Cámbrico hasta nuestros días. Su configuración geológico-tectónica actual es el resultado de sucesivas transgresiones y regresiones, asociadas con movimientos orogenéticos y epirogenéticos y localmente con actividad ígnea y metamorfismo. Dicha configuración fué determinada por la acción mutua de zonas estables e inestables. La región del escudo de Guayana —arco de El Baúl, al sureste del país, y la región fronteriza Goajira-Paraguaná, al noroeste, fueron muy poco afectadas por orogénesis después del Paleozoico, mientras que las zonas de debilidad de los Andes-Perijá, al oeste, y de la Cordillera del



Fig. 1. Mapa de las Cuencas Terciarias y de las Provincias Geológicas, Venezuela.

Caribe, al norte, constituyeron zonas de máxima orogénesis. Estas unidades geológico-geográficas limitan a las cuencas Terciarias de Venezuela, que generalmente coinciden con las provincias geológicas productoras de petróleo y gas (figura 1).

La *cuenca Maracaibo-Falcón* se encuentra en la parte noroccidental del país y es la provincia geológica con mayor producción de petróleo. Limita, al norte con la región fronteriza Goajira-Paraguaná; al sureste con la Cordillera de los Andes y su prolongación en la Cordillera Occidental del Caribe; al noreste con el Mar Caribe; y al oeste con la Sierra de Perijá, prolongación septentrional de la Cordillera Oriental de Colombia.

La parte occidental de la cuenca Maracaibo-Falcón es la cuenca de Maracaibo propiamente dicha, la cual está separada de la cuenca de Falcón, en el este, por la región montañosa al este de Zulia y oeste de Falcón y Lara. La cuenca de Maracaibo pasa hacia el suroeste a la depresión del Táchira, rellenada por sedimentos terciarios. Esta depresión se encuentra al norte del punto de bifurcación entre la Cordillera Oriental de Colombia-Sierra de Perijá con rumbo norte, y los Andes Venezolanos, con rumbo noreste.

La *cuenca de Barinas-Apure* está situada al suroeste de la República y constituye una provincia petrolífera de magnitud desconocida. En los últimos años la región ha sido objeto de una exploración geológica intensa y la perforación de algunos pozos ha comprobado la existencia de petróleo en cantidades comerciales. La cuenca de Barinas-Apure limita al noroeste con los Andes Venezolanos; al sureste con el escudo de Guayana; y al este con el arco de El Baúl. Al suroeste la cuenca se extiende hacia los llanos orientales de Colombia.

La *cuenca Oriental de Venezuela* es una provincia petrolífera muy importante, la segunda después de la cuenca de Maracaibo. Limita al norte con la Serranía del Interior; al sur con el escudo de Guayana; al este con el Golfo de Paria y el Océano Atlántico; y al oeste con el arco de El Baúl.

La *cuenca Tuy-Cariaco*, al norte de la cuenca Oriental de Venezuela, representa una ensenada terciaria cerca del extremo oriental de la Cordillera Occidental del Caribe y se extiende hacia el este, a través de la depresión de Barcelona, hasta las islas de Margarita, Coche

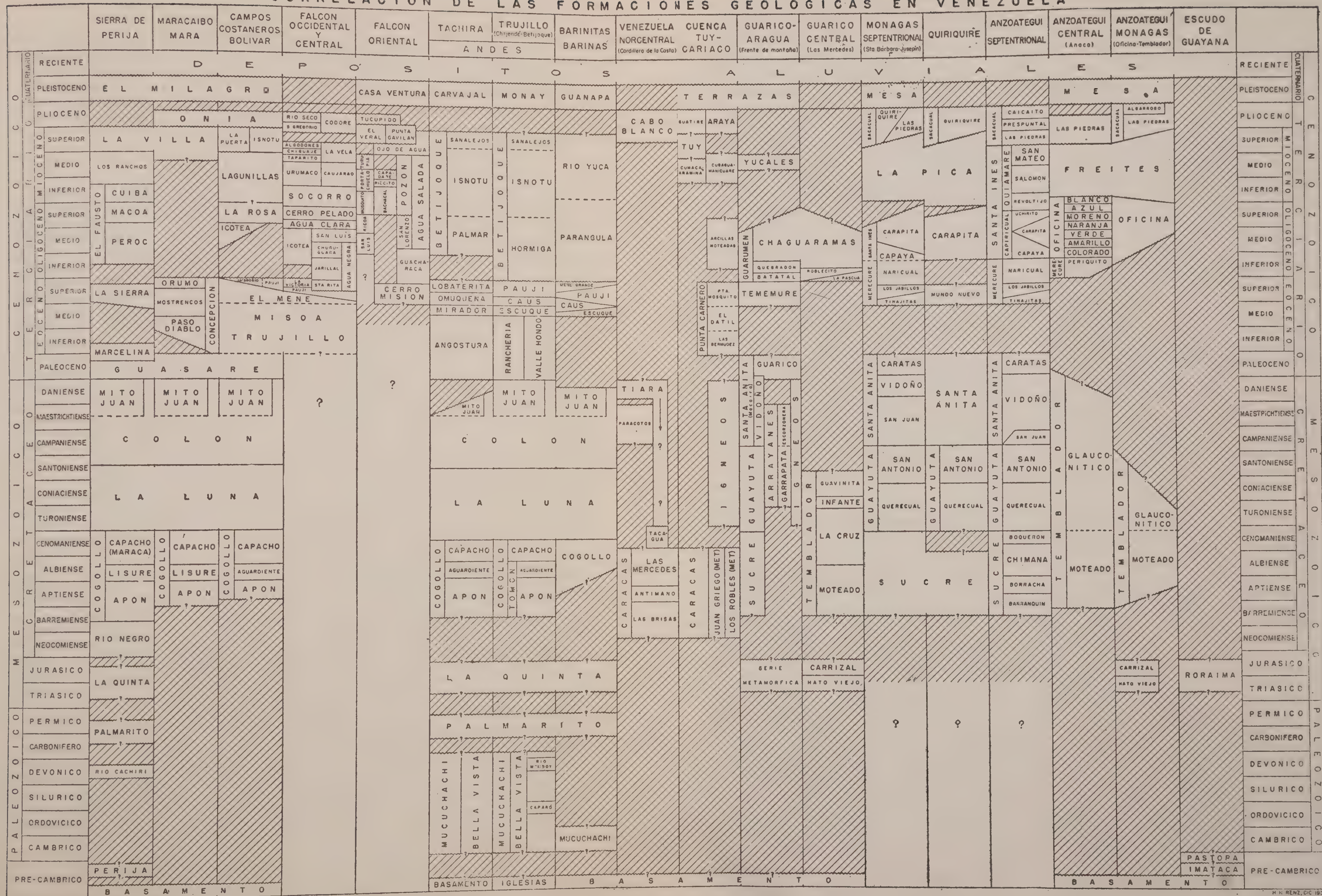


Fig. 2. Correlación de las formaciones geológicas en Venezuela.

y Cubagua y la región circunvecina al Golfo de Cariaco. Dos pozos perforados en la Isla de Cubagua resultaron secos.

A continuación se describe brevemente la geología de las cuencas antedichas. La secuencia estratigráfica se muestra en la figura 2.

LA CUENCA MARACAIBO-FALCÓN

La cuenca Maracaibo-Falcón se extiende, en sentido este-noreste a través de los Estados Zulia y Falcón, con una longitud aproximada de 525 kilómetros y una anchura máxima de 300 kilómetros. La cuenca de Maracaibo, representada actualmente por una extensa bahía de aguas salobres, poco profundas y rodeada de tierras bajas constituye una depresión estructural profunda entre la región fronteriza de la Goajira al norte (hoy en día en parte sumergida), la Sierra de Mérida al sur, las serranías de Falcón y Trujillo al este, y la Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia al oeste. La cuenca de Falcón, situada al norte de la Serranía de Trujillo y al noroeste de la Cordillera de la Costa e inmediatamente al este de la cuenca de Maracaibo, representa una provincia de rocas terciarias que fueron levantadas en filas alargadas, debido a plegamiento intenso durante la orogénesis del Terciario. Actualmente, la región está expuesta a erosión, con la consecuente deposición de conos aluvionales y terrazas en las llanuras y pie de las montañas, y de sedimentos litorales y lagunales a lo largo de los zonas costaneras.

La Sierra de Mérida es esencialmente un anticlinorium de estructura compleja, caracterizado por plegamiento asimétrico y corrimientos en ambos flancos. La parte septentrional de la Cordillera Oriental de Colombia es una continuación de los pliegues comprimidos "en echelon" que se observan más al sur, y la Sierra de Perijá es un anticlinorium asimétrico, con uno de sus flancos en fuerte declive hacia el oeste.

Al discutir la tectónica y estratigrafía de la cuenca Maracaibo-Falcón, debemos considerar las relaciones regionales existentes entre esta cuenca y las cuencas adyacentes Barinas-Apure y Magdalena, ya que ellas formaban parte originalmente del gran geosinclinal septentrional andino que se extendía desde Venezuela hasta Perú. Dicho geosinclinal comenzó a formarse a principios del Mesozoico, debido

a un hundimiento diferencial de una ancha zona delimitada al sureste por el escudo Guayano-Brasilero que constituyó un elemento positivo durante el Mesozoico y Terciario. El ciclo deposicional se inició con la acumulación de una gruesa serie de sedimentos triásico-jurásicos de origen terrestre. Al final del Jurásico ocurrieron disturbios orogénicos, los cuales fueron seguidos por un amplio período de erosión, antes del comienzo de la transgresión de los mares en el Cretáceo. Durante el Cretáceo, la sedimentación fué extensa a través del geosinclinal. En el occidente del país dicha deposición continuó durante buena parte del Eoceno; aunque el mar se hizo menos profundo y más limitado debido a un suave levantamiento epirogenético ocurrido al final del Mesozoico que alzó la cuenca lentamente desde el suroeste, ocasionando la retirada del mar hacia el noreste y cambios litológicos continuos en el carácter de los sedimentos. Hacia las postrimerías del Eoceno y a causa de una pronunciada perturbación orogenética, el geosinclinal septentrional andino comenzó a dividirse en varias cuencas de sedimentación, que estuvieron interconectadas en ciertas épocas del Terciario superior, dejando entonces de existir como unidad tectónica de importancia.

Paleozoico

Con anterioridad al desarrollo del geosinclinal septentrional andino y a lo largo de la zona que éste ocupó posteriormente, aunque un poco más al sur y al este, en los bordes del actual escudo de Guayana, existió un geosinclinal paleozoico. Sus sedimentos fueron afectados severamente por la orogénesis Herciniana durante el Carbonífero inferior, sin embargo, dichos efectos, oscurecidos por metamorfismo y orogénesis posteriores, son actualmente difíciles de reconocer e interpretar. Los efectos de la orogénesis Apalachiana del Pérmico son más fáciles de reconocer, aunque sus detalles permanecen todavía oscuros. Después de la orogénesis Apalachiana y durante la deposición mesozoica en el geosinclinal septentrional andino, la región ocupada por los sedimentos paleozoicos adyacentes al escudo de Guayana entró a formar parte estable del mismo.

Las rocas pre-cámbricas, sobre las cuales se depositaron las rocas paleozoicas, afloran en la Sierra de Mérida y en la región de El Baúl. Dichas rocas comprenden principalmente gneisses, esquistos.

otras rocas metamórficas, y granitos. En El Baúl afloran argilitas paleozoicas con trilobites, y en la Sierra de Mérida filitas, pizarras y esquistos de la formación Mucuchachí (Cámbrico-Devónico). Las capas de Río Momboy, con fósiles devónicos, se consideran equivalentes a parte de la formación Mucuchachí. En la Sierra de Perijá se observan lutitas, areniscas, calizas y cuarcitas no metamorfizadas de la formación Río Cachirí (Devónico). En las sierras de Mérida y Perijá se encuentran lutitas blandas y calizas crinoidales macizas de la formación Palmarito (Permo-Carbonífero).

Mesozoico

A comienzos del Mesozoico, después de la revolución Apalachiana y de la deformación de las rocas paleozoicas, extensos depósitos terrestres fueron depositados en cuencas continentales. Estos depósitos se caracterizan por sedimentos aluviales de color rojo intenso, principalmente bancos macizos de conglomerados intercalados con areniscas de grano fino y limolitas, que constituyen la formación La Quinta. Posteriormente, la formación La Quinta fué intrusionada por "sills" y diques probablemente durante nuevos levantamientos al final del Jurásico.

La historia geológica que tiene mayor importancia desde el punto de vista del petróleo comienza con el hundimiento del geosinclinal septentrional andino y la deposición de las formaciones cretáceas. Al comienzo del Cretáceo, los materiales erosionados del escudo de Guayana y de la zona de rocas paleozoicas (y quizás de elementos positivos resultantes del levantamiento en el Jurásico) fueron depositados en forma de una serie espesa de areniscas feldespáticas y conglomerados de cuarzo de unos 1000 metros (3280 pies) de espesor, aunque localmente alcanza hasta 3000 metros (9840 pies). Estos sedimentos, designados formación Río Negro, sólo se encuentran en la parte noroccidental de Venezuela y probablemente representan el primer ciclo de hundimiento progresivo del geosinclinal.

El hundimiento a lo largo del geosinclinal, aparentemente iniciado en Colombia, continuó hacia el noreste a través de la cuenca Maracaibo-Falcón con la transgresión y aumento en la profundidad del mar hasta el Cretáceo superior. Durante el Maestrichtiense, la emergencia gradual del geosinclinal en Colombia afectó a Venezuela, causando una

MAPA PALEOGEOGRAFICO DEL APTIENSE

ESCUDO DE GUAYANA

LAS BRISAS

G.A. Young 1956

AMBIENTE MARINO BATIAL
MARINO INFRANERITICO
MARINO EPINERITICO RESTRINGIDO
MARINO EPINERITICO
MARINO, BANCOS Y ARRECIFES
MARINO, LITORAL
MARINO PONTICO
LAGUNALES Y DE POCO FONDO
PANTANOS
AMBIENTE COSTANERO
LACUSTRINO
PIEDMONTINO Y FLUVIAL
ZONA DE EROSION
Pliegues con dirección de esfuerzo
Zonas de fallas
Forma actual de la costa

Fig. 3. Mapa paleogeográfico del Aptiense.

disminución progresiva del fondo del mar y cambios hacia el noreste de una sucesión de ambientes deposicionales y litofacies. Así, a la deposición de los depósitos terrestres de la formación Río Negro, en el Neocomiense, siguió la deposición de sedimentos de ambientes de aguas salobres y marinas poco profundas, durante el Barremiense, y de calizas arcillosas de aguas poco profundas, en el Aptiense-Albiense. Durante el Cenomaniense, la sedimentación en la región de la cuenca de Maracaibo varió entre diferentes tipos de ambientes epineríticos, con la deposición de areniscas en un extremo y de calizas de origen químico en el otro. Durante el Turoniense, hubo un desarrollo abundante de calizas negras características posiblemente en aguas estancadas. El Campaniense y Maestrichtiense se caracterizaron por depósitos infraneríticos a marinos de aguas poco profundas, y localmente por depósitos continentales.

Los efectos de hundimiento y emergencia en el geosinclinal cretáceo, el carácter transgresivo de la deposición y la proximidad al levantamiento de Venezuela central en el Cretáceo superior produjeron una marcada variación en la litofacies de los sedimentos, por lo cual una correlación litológica no es necesariamente una correlación de tipo crono-estratigráfico. Los movimientos epirogenéticos ascendientes y los levantamientos orogenéticos locales al final del Cretáceo no fueron uniformes, ya que en la mayor parte del geosinclinal la deposición continuó hasta el final del Eoceno.

La estratigrafía del Cretáceo se resume brevemente en tres mapas paleogeográficos (figuras 3, 4 y 5). Con la transgresión del mar poco profundo durante el Barremiense y Aptiense (figura 3), se depositaron calizas arcillosas y calizas fosilíferas fragmentarias de la formación Apón (grupo Cogollo) sobre la parte central de la cuenca de Maracaibo, mientras que las areniscas fluviales y litorales de la formación Uribante (grupo Cogollo) fueron depositadas a lo largo de los bordes. En la región de la Sierra de Perijá, las lutitas negras no fosilíferas y calizas arcillosas de la formación Apón cambian lateralmente hacia el sur a calizas fosilíferas bituminosas y lutitas de la formación Villeta de Colombia. Durante el Albiense, algunos disturbios orogenéticos cercanos causaron una afluencia de sedimentos clásticos de grano grueso que formaron las areniscas feldespáticas y glauconíticas y calizas arenosas de las formaciones Lisure y Aguardiente (grupo Cogollo) en las sierras de Perijá y Mérida. Sobre estas areniscas se

Fig. 4. Mapa paleogeográfico del Coniaciense.

encuentran depósitos lateralmente persistentes de un ambiente biostromal, epinerítico, como son las calizas de la formación Capacho (grupo Cogollo).

En las épocas Turoniense y Coniaciense (figura 4), las condiciones de ambiente póntico que habían existido con anterioridad en Colombia se extendieron hasta Venezuela occidental y los mares cubrieron completamente a la región del geosinclinal. En este ambiente, las aguas superiores suficientemente oxigenadas, permitieron la vida pelágica, mientras que condiciones químico-bacteriales en aguas más profundas produjeron un ambiente desfavorable para la vida bentónica. Bajo estas condiciones se depositó la formación La Luna, constituida por 180 a 300 metros (590 a 964 pies) de calizas negras, densas, carbonosas y bituminosas, intercaladas con lutitas pizarrosas, calcáreas y negras, todas muy ricas en formas pelágicas (principalmente *Globigerina*, *Globotruncana* y *Gümbelina*), pero con ausencia casi completa de formas bentónicas. Alrededor del borde meridional del geosinclinal, hacia la parte adyacente al escudo de Guayana, depósitos arrecifales poco profundos circundaron las tierras emergidas por el levantamiento del Caribe, mientras que areniscas fluviales y litorales se extendieron en dirección suroeste hasta Colombia. En Venezuela suroccidental, la formación La Luna pasa lateralmente a depósitos de ftanita y caliza de la formación Táchira, que a su vez cambia lateralmente a lutitas marinas de aguas poco profundas de la formación Tablazo (Colombia).

Las formaciones cretáceas depositadas hasta el Coniaciense reflejan las condiciones relativamente estables de un hundimiento lento del geosinclinal y tierras adyacentes. Durante el Campaniense y Maestrichtiense hubo una ligera disminución de la profundidad del mar en el geosinclinal y el ambiente marino de aguas poco profundas que había existido en Colombia se hizo notar sobre todo al occidente de Venezuela. Fué en este ambiente donde tuvo lugar la deposición de la formación Colón (figura 5), compuesta de 400 a 900 metros (1312 a 2952 pies) de lutitas piríticas negras con abundante fauna nerítica. Como se indica en la figura 5 y figuras siguientes, en cualquier época hubo una sucesión de ambientes de deposición a lo largo del geosinclinal: es decir, la emergencia progresiva hacia el norte a lo largo del geosinclinal originó la deposición de areniscas y carbones de la formación Umir (Colombia) bajo condiciones pantanosas, de

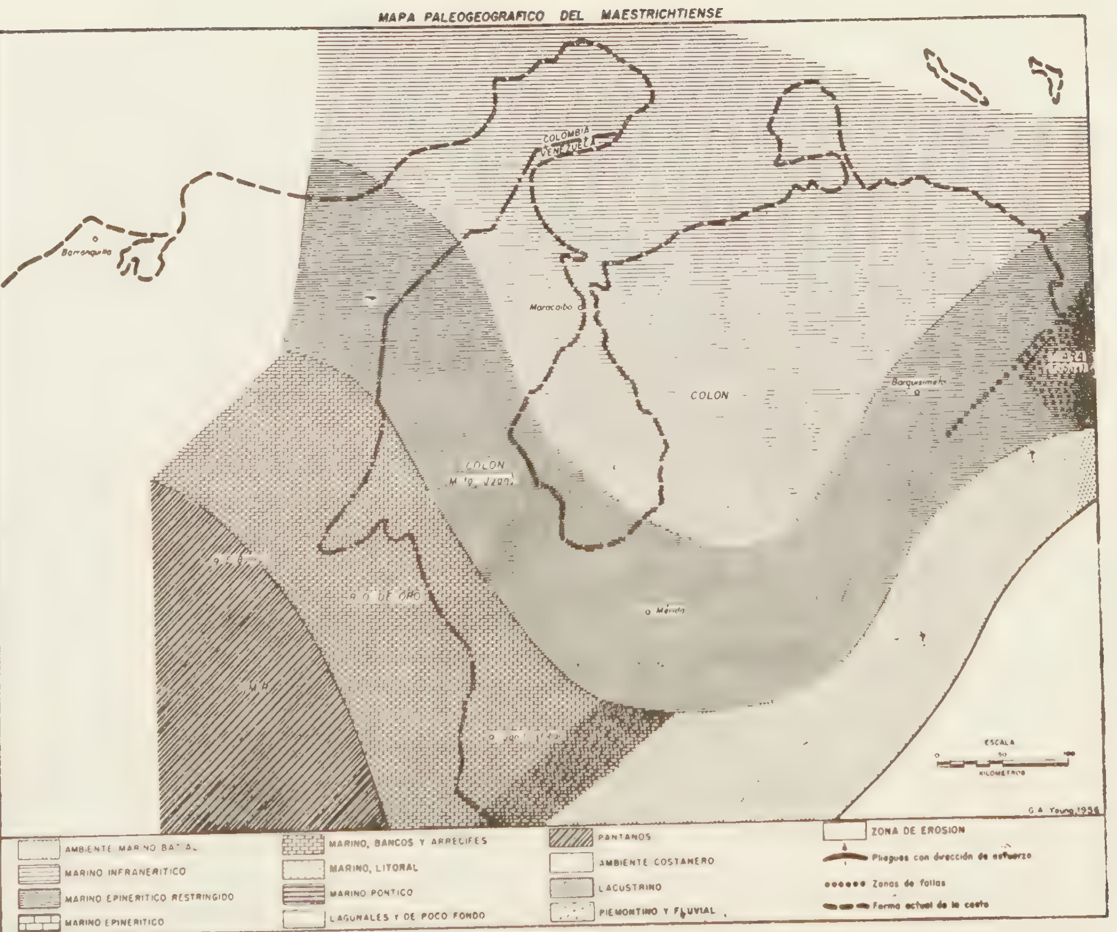


Fig. 5. Mapa paleogeográfico del Maestrichtiense.



Fig. 6. Mapa paleogeográfico del Paleoceno.

depósitos arrecifales y de bajíos de la formación Río de Oro, de facies un poco más arenosas (Mito Juan) de la formación Colón en el suroeste de Venezuela, y de las lutitas fosilíferas negras que se observan a través de la parte septentrional del geosinclinal.

Terciario

Durante el Paleoceno (figura 6), la serie de ambientes ya descrita se movió más hacia el norte con la consecuente deposición de las arcillas terrestres de la formación Lisama (Colombia) cerca del levantamiento de la Cordillera Oriental y Sierra de Santa Marta, de las areniscas y carbones del grupo Orocué y formación Angostura, de lutitas de aguas salobres probablemente en un ambiente de ensenada, de la formación Marcelina, y finalmente de la formación Guasare depositada en la parte central de la cuenca de Maracaibo, bajo un ambiente arrecifal poco profundo. Hacia el mar abierto, hubo deposición de arcillas y areniscas de grano fino de la formación Trujillo en un ambiente de ensenada, de areniscas y lutitas epineríticas de la formación Ranchería, y de lutitas y calizas infraneríticas de la formación Valle Hondo.

Al final del Paleoceno y a comienzos del Eoceno, la Sierra de Perijá fué levantada, como también la Sierra de Santa Marta y parte de la Cordillera Oriental de Colombia, lo cual dió comienzo a una serie de ambientes variables que continuó a través del resto del Terciario. Esta serie se caracteriza por condiciones que van desde aguas salobres y lagunales en el oeste, a lo largo de la Sierra de Perijá, hasta condiciones de mar abierto en el este, a través de Falcón. En el mapa paleogeográfico del Eoceno inferior (figura 7) se muestra la recién emergida Sierra de Perijá y las zonas de deposición terrestre, tales como las representadas por las areniscas y conglomerados de la formación Angostura (Colombia) y parte superior del grupo Orocué, y posiblemente por las areniscas fluviales de la formación Mirador. Hacia el este, los depósitos terrestres pasan gradual y lateralmente a areniscas, arcillas y carbones de ambiente pantanoso de las formaciones Paso Diablo y Angostura, y más al este a depósitos lagunales de areniscas y lutitas intercaladas del grupo Misoa-Trujillo. La deposición de las areniscas y lutitas epineríticas de la formación Ranchería y de las lutitas y calizas infraneríticas de la formación Valle Hondo apa-

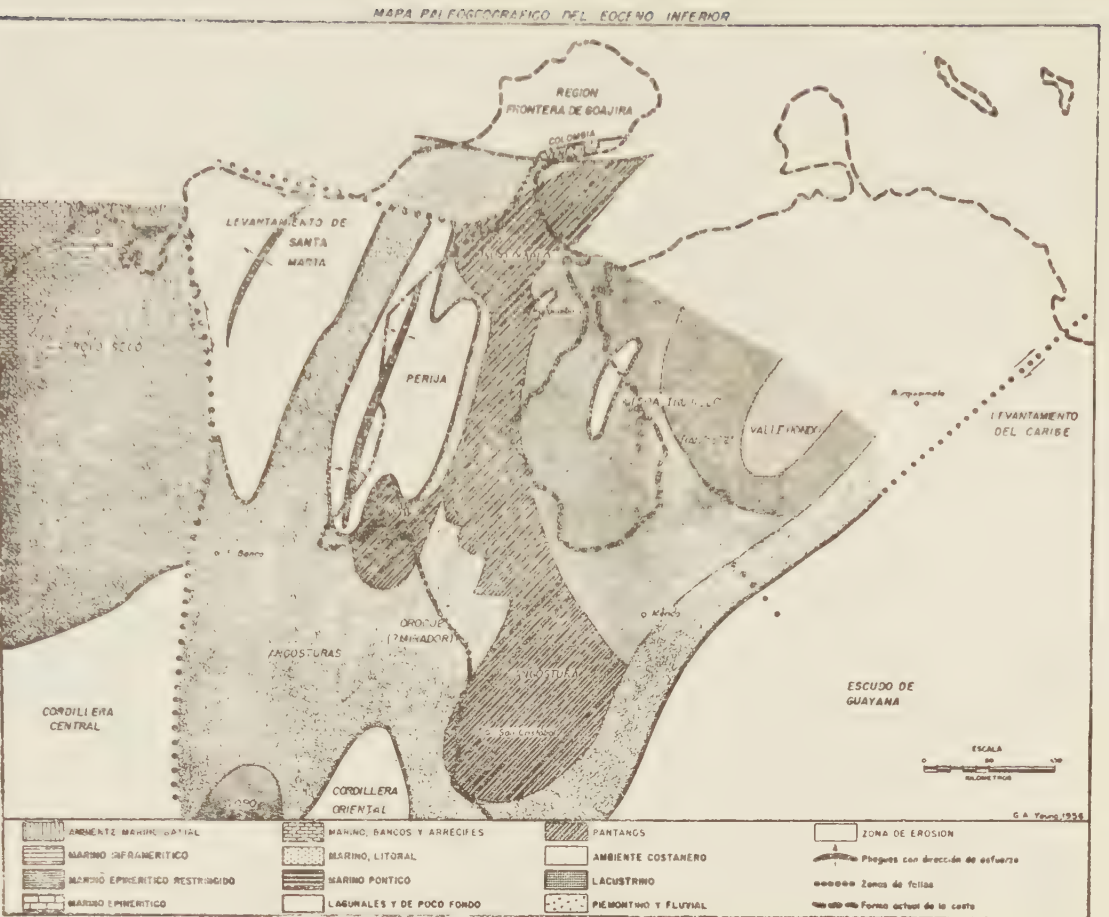


Fig. 7. Mapa paleogeográfico del Eoceno inferior.

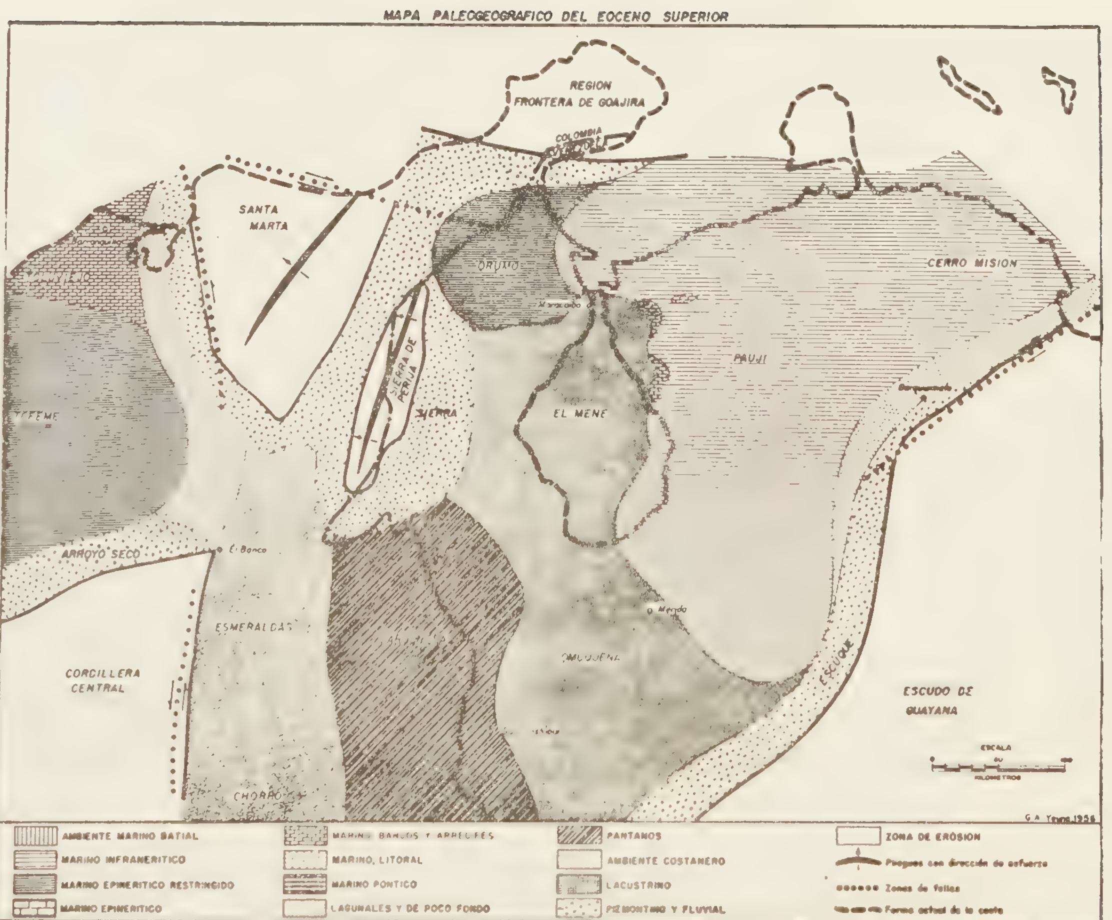


Fig. 8. Mapa paleogeográfico del Eoceno superior.

rentemente no fué afectada por el levantamiento. Estas condiciones finalizaron en el Eoceno medio.

En las postrimerías del Eoceno (figura 8), cuando muchas de las regiones levantadas previamente habían sido erosionadas y desgastadas, una transgresión se extendió en dirección oeste y sur cubriendo gran parte del levantamiento de Perijá y del emergido escudo de Guayana. Las lutitas neríticas, negras y fosilíferas de la formación Paují se depositaron sobre una gran extensión de Falcón y Zulia Oriental, mientras que las areniscas y lutitas de aguas salobres de las formaciones El Mene y Omuquena fueron depositadas extensamente en el Zulia, bajo un ambiente de tipo lagunal a de ensenada. Estos dos ambientes estuvieron separados por una línea de arrecifes de la formación Churuguarita. La formación La Sierra, aunque aparentemente de edad Eoceno superior en los afloramientos de la Sierra de Perijá, puede que sea la litofacies equivalente a las areniscas basales transgresivas de las formaciones Paso Diablo y El Mene. La formación Carbonera, con un grueso espesor de carbones y areniscas, representa una zona pantanosa y deltoide entre las condiciones deposicionales de tipo lagunal a de ensenada de las formaciones El Mene y Omuquena y la del tipo de llanuras costaneras (arcillas moteadas) de las formaciones Esmeraldas y Chorro (Colombia). Entre la Sierra de Perijá y la Sierra de Santa Marta se depositaron unos 400 metros (1,300 pies) de conos aluvionales conglomeráticos.

De las dos orogénesis andinas importantes, una aconteció al final del Eoceno (figura 9). Levantamientos e intensos plegamientos periódicos tuvieron lugar al este y norte de Zulia y oeste de Falcón; las sierras de Perijá y Santa Marta sufrieron un rejuvenacimiento acompañado de fuerte plegamiento; al mismo tiempo se inició un levantamiento en la región de Mérida. La Cordillera de la Costa ya se había formado debido a una serie de levantamientos durante el Cretáceo, razón por la que en el Eoceno dejó de existir el geosinclinal septentrional andino y en su lugar se formó un grupo de cuencas que no estaban conectadas.

Se cree que las fuerzas que causaron el levantamiento se deben a una combinación particular de esfuerzos verticales y horizontales que resultaron del empuje de las regiones fronterizas de la Goajira en el norte y del Chocó en la parte occidental de Colombia, contra el escudo de Guayana en el sur. Estos esfuerzos originaron el desarrollo de dos

Fig. 9. Mapa tectónico de la orogénesis al final del Eoceno.

grandes fallas laterales: una, falla de Oca (Ocoa de Sutton), con movimiento del bloque norte hacia la derecha, a través de la parte septentrional de Venezuela, y otra, falla de Santa Marta, con movimiento del bloque oeste hacia la izquierda, en la parte central de Colombia. El eugeosinclinal de la Cordillera de la Costa, ya existente para esa época, fué levantado hacia el este de la gran falla lateral de Barquisimeto de rumbo paralelo a la parte central de los Andes actuales, y con movimiento del bloque noroeste hacia la derecha. En los Andes el levantamiento se caracterizó por movimientos verticales o muy posiblemente por uno de tipo horizontal con componentes verticales, que produjo una serie de fallas escalonadas y estructuras de pilares y fosas. En las zonas marginales, es decir, en las sillas de Barquisimeto y Táchira, existe una serie de anticlinales asimétricos en algunos de los cuales se observan corrimientos.

Como se dijo, la Sierra de Perijá septentrional es esencialmente un pliegue asimétrico complejo, inclinado hacia el noroeste, mientras que la Sierra Nevada de Santa Marta parece representar un inmenso anticlinal que fué levantado por virtud de encontrarse en el punto de unión de dos fallas laterales. Anticlinales asimétricos pequeños se desarrollaron a través de la cuenca de Magdalena hasta el macizo del Chocó. La Serranía de Falcón es también de este tipo, con los focos de los radios de sus arcos apuntando hacia los macizos ígneo-metamórficos de El Baúl (prominencia del escudo de Guayana) y de la Cordillera de la Costa.

Las acumulaciones de petróleo en rocas de edad Eoceno y Cretáceo, se encuentran generalmente en las estructuras formadas por esta orogénesis. En los campos costaneros del Distrito Bolívar, el petróleo de edad Eoceno se presenta atrapado contra fallas transversas en anticlinales, como también en capas truncadas. En los distritos Mara, Maracaibo y Colón, el petróleo de edad Cretáceo se halla atrapado en yacimientos de caliza fracturada sobre las crestas de los anticlinales.

En los albores del Oligoceno hubo un período de elevación regional con el consiguiente retiro del mar de una gran parte de Venezuela occidental, aunque en Falcón oriental la deposición continuó sin interrupción. Las arcillas de llanuras costaneras de la formación Jarillal (grupo Agua Negra), cercanas al extremo oriental inclinado de la zona de deformación, pasan gradual y lateralmente hacia el este a lutitas y areniscas neríticas de la formación Guacharaca. Durante el

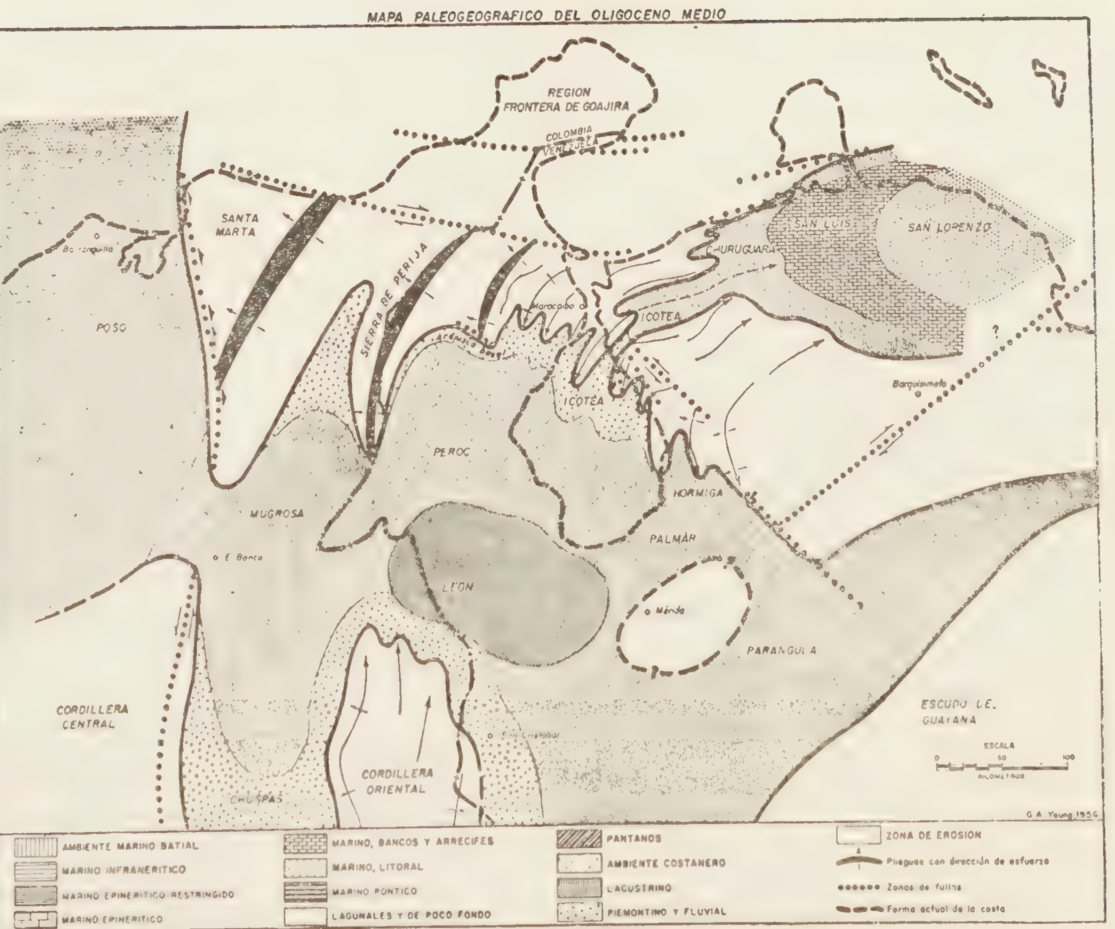


Fig. 10. Mapa paleogeográfico del Oligoceno medio.

Oligoceno inferior y medio continuó en la región una intensa erosión con la formación de depósitos terrestres y lacustrinos en las zonas piemontinas y en las cuencas, tierra adentro, entre las recién formadas filas de montañas (figura 10). Las arcillas y lutitas lacustrinas de la formación León pasan gradual y lateralmente a las arcillas y areniscas terrestres de las formaciones Peroc (grupo El Fausto), Mugrosa, Palmar, Hormiga y Parángula, con las cuales se interdigita. La arenisca basal de la formación Peroc parece de carácter transgresivo sobre la superficie de discordancia de las formaciones eocenas y pasa gradual y lateralmente a areniscas arcillosas y feldespáticas de la formación Icotea. Sobre la cuesta oriental de la zona de deformación, la formación Icotea pasa lateralmente a arcillas de llanuras costaneras de la formación Churuguara. Durante el Oligoceno medio, las calizas arcillosas y sedimentos arrecifales y de aguas poco profundas de la formación San Luis se depositaron en las riberas de una ensenada, mientras que las areniscas y arcillas epineríticas de la formación San Lorenzo (grupo Agua Salada) fueron depositadas en la parte central de la ensenada.

Con la continua sumersión del geosinclinal incipiente, hacia el oeste-suroeste, los mares de la ensenada de Falcón oriental transgredieron durante el Oligoceno medio a través de Falcón y Zulia y alcanzaron su mayor extensión en el Oligoceno superior, cuando se conectaron con una ensenada similar en el norte de Colombia (figura 11). Las margas infraneríticas de la formación Pozón (grupo Agua Salada) que representan condiciones deposicionales de mar abierto en la ensenada de Falcón oriental, pasan gradual y lateralmente a las areniscas litorales de la formación Bachacal, alrededor de la orilla de la ensenada, y a areniscas y lutitas epineríticas de la formación Mosquito, hacia el norte. La parte septentrional de la ensenada estuvo sujeta a deformación y deposición simultáneas, ya que las arcillas, lutitas y areniscas epineríticas a litorales de aguas poco profundas de la formación Cerro Pelado transgreden y se adelgazan hasta desaparecer sobre pliegues supratenues. La formación Cerro Pelado pasa gradual y lateralmente, hacia los campos costaneros del Distrito Bolívar, a lutitas verdes de aguas poco profundas y de tipo de ensenada abierta de la formación La Rosa, la cual se vuelve de origen lagunal en la región del Lago de Maracaibo. La formación La Rosa cambia

Fig. 11. Mapa paleogeográfico del Oligoceno superior.

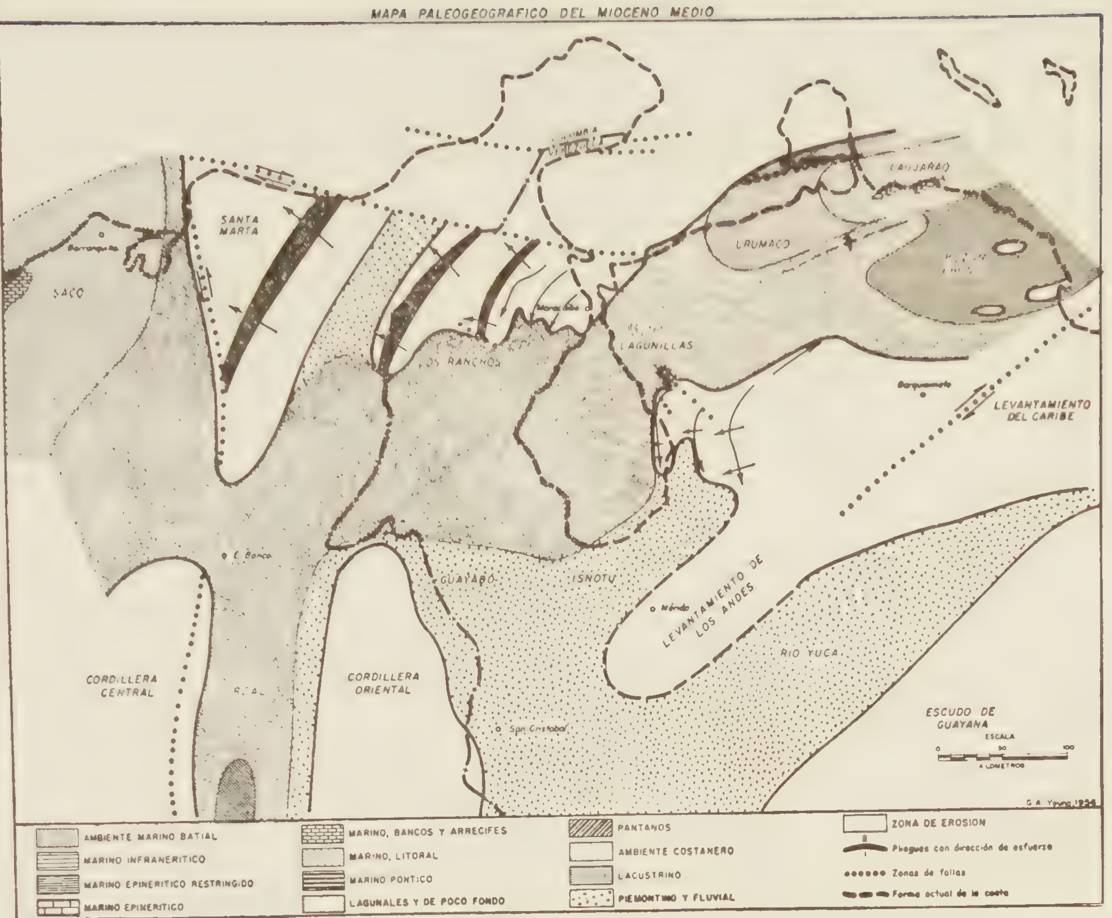


Fig. 12. Mapa paleogeográfico del Mioceno medio.

gradual y lateralmente a lutitas verdes, lacustrinas a lagunales, de la formación Macoa (grupo El Fausto), con las cuales se interdigita.

Junto con el hundimiento de la depresión geosinclinal, un renovado levantamiento de la región de Mérida produjo depósitos piemontinos de las formaciones Río Yuca e Isnotú.

En el Mioceno inferior se inició una regresión del mar, hasta que en el Mioceno medio se depositaron arcillas y areniscas terrestres de la formación Los Ranchos, en Zulia occidental; arcillas verdes fluviales y de llanuras costaneras de la formación Lagunillas, en Zulia oriental; y arcillas, carbones y areniscas fluvio-lagunales de la formación Urumaco (miembro superior) en Falcón occidental (figura 12). La ensenada marina había sido empujada hacia el este, hasta Falcón oriental, donde existían dos salientes: uno, al norte, con areniscas y lutitas litorales y epineríticas de la formación Caujarao; y otro, al sur, con arcillas de aguas poco profundas del miembro Huso de la formación Pozón. Los cambios rápidos de facies litológicas en las depresiones, durante el Oligoceno, y posteriormente en la depresión geosinclinal, durante el Mioceno, produjeron adelgazamientos con desapariciones y cambios estratigráficos que son responsables de las excelentes trampas estratigráficas que existen en los campos costaneros del Distrito Bolívar, en el Estado Zulia, y en la región de El Mene de Mauroa-Media, en el Estado Falcón.

Durante el Mioceno superior hubo una pequeña invasión marina en Falcón oriental que causó la deposición de las calizas y arcillas de las formaciones El Veral y Punta Gavilán; no obstante, en general, depósitos terrestres, fluviales y de llanuras costaneras de las formaciones La Puerta y La Villa cubrieron a la mayor parte de la cuenca Maracaibo-Falcón y con ello a todas las estructuras preexistentes. En los Andes, la región de Mérida continuó sufriendo los efectos de una rápida erosión y en cuencas locales se depositaron gruesos espesores de conglomerados terrestres.

En el Plioceno superior toda Venezuela sufrió un período de intenso diastrofismo, diversamente llamado la orogénesis Rodánica, Antillana o Andina. Estos movimientos concordaron bastante bien con las líneas tectónicas establecidas por la orogénesis durante el Eoceno, pero ocasionaron corrimientos de ángulo grande a lo largo de la zona marginal de la Sierra de Mérida. A través de Falcón y en Zulia septentrional, las formaciones del Terciario superior fueron plegadas a

lo largo del mismo sistema de pliegues periódicos que se había formado en el Eoceno; sin embargo, estas formaciones presentan pequeños pliegues adicionales y localmente fallamiento intenso en las zonas anticlinales. A este período de levantamiento y erosión siguió una extensa deposición terrestre durante el Pleistoceno. En la región de la cuenca se depositaron areniscas y arcillas de la formación El Milagro y en las zonas costaneras se depositaron areniscas litorales y calizas arrecifales de la formación Casa Ventura, esencialmente a lo largo de las playas actuales.

En las postrimerías del Pleistoceno tuvieron lugar los últimos disturbios orogenéticos regionales, los cuales rejuvenecieron y levantaron a las sierras de Mérida y Perijá hasta su posición actual.

LA CUENCA BARINAS-APURE

Historia Geológica

La Cuenca Barinas-Apure se extiende, en dirección sureste, desde los contrafuertes andinos hasta el río Orinoco, y en dirección suroeste, desde el arco de El Baúl hasta Colombia, donde se la denomina cuenca de los Llanos Colombianos. La cuenca Barinas-Apure es similar en algunos aspectos a la cuenca Oriental de Venezuela, pero difiere en su secuencia sedimentaria debido a que fué separada de los mares oligoceno-miocenos por los levantamientos de El Baúl al este y de los Andes al noroeste. Durante el Cretáceo, la cuenca de Barinas-Apure formó parte de la gran cuenca Occidental de Venezuela. Los mares del Cretáceo inferior empezaron a invadir el país desde el Caribe hacia el sur y desde el Pacífico, en dirección noreste, hacia el escudo de Guayana. Durante el Cretáceo medio y superior, el mar siguió transgrediendo hacia el sur, la línea de playa seguía una dirección aproximada este-oeste pasando al sur del campo de Las Mercedes (Estado Guárico), al norte del arco de El Baúl y continuaba en dirección suroeste, pasando al este de Guasdualito y Bruzual.

La existencia del arco de El Baúl, como área positiva durante la deposición de los sedimentos cretáceos, puede observarse en el control isópaco de la formación La Cruz (parte medio del grupo Temblador), donde se nota el acuñamiento de las formaciones cretáceas de Guárico hacia el oeste, contra el macizo de El Baúl. En la región de Apure-

Barinas, las formaciones cretáceas están representadas por areniscas conglomeráticas, areniscas glauconíticas y lutitas arenáceas, consideradas equivalentes al grupo Temblador, del sur de Guárico y a la formación Tomón del oeste del país.

Hacia el norte, en la zona de San Silvestre, la sección cretácea está constituida por sedimentos semejantes a los del grupo Cogollo y formación La Luna. Los sedimentos cretáceos fueron depositados bajo condiciones muy estables en mares epicontinentales, en una cuenca miogeosinclinal.

En los mares epicontinentales del Oriente y Occidente de Venezuela la sedimentación continuó desde el Cretáceo hasta el Paleoceno, con excepción de la marcada tendencia regresiva de los mares en las áreas plataformales; en la cuenca de Barinas-Apure no se depositaron sedimentos del Paleoceno.

La regresión de los mares, durante el Eoceno inferior, fué pronunciada y la sedimentación cesó por un largo período en gran parte del país; en el Occidente sólo se conocen sedimentos del Eoceno inferior en la región del Lago de Maracaibo, Sierra de Perijá, flanco occidental de los Andes y Falcón. La transgresión de los mares en el Eoceno medio y superior, en la región de Apure-Barinas, causó la deposición de una espesa sección de sedimentos de aguas llanas, representada por conglomerados, areniscas, lutitas y lutitas arenáceas; en la parte media inferior de la sección (formación Caús) se desarrollaron calizas orbitoidales. Los sedimentos del Eoceno descansan con fuerte discordancia sobre las formaciones cretáceas. La faja de sedimentos eocenos —formaciones Escuque, Caús, Paují y Altamira (El Mene)— está restringida a la parte más profunda de la cuenca estructural y aparentemente no fué encontrada en los sondeos exploratorios efectuados en el Estado Apure, aunque este punto está actualmente en discusión.

La orogénesis Alpina al final del Eoceno y comienzo del Oligoceno se reflejó fuertemente en toda Venezuela. En el Occidente causó el levantamiento de los Andes de Mérida y Trujillo, originando la división de la cuenca Occidental de Venezuela en las cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure. En el mismo período orogénico esta última quedó casi totalmente separada de la cuenca Oriental del país por el rejuvenecimiento del arco de El Baúl. (figura 13).

LEYENDA

CUENCA DE BARINAS-APURE

COLOMBIA

Río Apure

San Fernando de Apure

Río Meta

Río Orinoco

CUENCA BARINAS-APURE

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Fig. 13. Mapa geológico de la cuenca Barinas-Apure.

La emergencia de tierra al comienzo del Oligoceno cambió el panorama paleogeográfico y en la cuenca de Barinas-Apure los sedimentos cretáceo-eocenos fueron cubiertos por un espeso manto de depósitos fluviomarinos del Terciario medio y superior (formaciones Parángula y Río Yuca). La formación Parángula se compone dominantemente de limolitas, arcilitas y areniscas de grano fino, intercaladas con areniscas cuarzosas y macizas y areniscas friables de granularidad fina a conglomerática. La formación Río Yuca está constituída por conglomerados, areniscas, limolitas y arcilitas. La repetición de intervalos conglomeráticos, así como el aumento de las rocas conglomeráticas hacia la parte superior de la sección, indican recurrencia de los movimientos tectónicos durante la deposición. Los fragmentos de las rocas conglomeráticas provienen de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de la recién levantada cordillera de los Andes; los fragmentos tienen diámetros variables, desde pocos centímetros hasta unos 10 metros. Las areniscas de la formación Río Yuca son arcósicas y micáceas, carácter que les permite separarlas de las areniscas macizas y cuarzosas de la formación Parángula. En general, se puede decir que los sedimentos de la formación Parángula tienen un aspecto rojizo, en contraste con los sedimentos de la formación Río Yuca que son predominantemente grises y verdosos. Las formaciones Parángula y Río Yuca se pueden considerar como equivalentes del grupo Betijoque de Trujillo (Chejendé-Betijoque). El contacto de la formación Parángula con la infrayacente Altamira (El Mene) es discordante y el contacto con la suprayacente Río Yuca es concordante y transicional. Los mares oligocénicos probablemente invadieron la parte norte de la región de El Baúl penetrando parcialmente la cuenca de Barinas-Apure a través de un canal, pero el verdadero efecto del arco de El Baúl como barrera entre el geosinclinal del este de Venezuela y la cuenca de Barinas-Apure, y su influencia en la deposición y distribución de los sedimentos oligocenos, aún no ha sido esclarecido, aunque según este concepto, el rejuvenecimiento del arco de El Baúl ha debido efectuarse en el Oligoceno medio o más tarde. La emergencia total del macizo de El Baúl probablemente tuvo lugar durante la orogénesis Antillana del Plioceno, con el resultado de la superposición de los movimientos más jóvenes a los esfuerzos paleozoicos más antiguos.

La orogénesis Antillana del Mioceno-Plioceno, la más violenta registrada en la zona del Caribe desde el Paleozoico, culminó con el

levantamiento de las grandes cadenas de montañas. Los sedimentos terrestres del Pleistoceno de la formación Guanapa, cubren discordantemente a la formación Río Yuca. La formación Guanapa está cubierta por un manto de arcillas, gravas, arenas, limos y conglomerados poco consolidados de la formación Los Llanos (Reciente), los cuales yacen horizontalmente y en discordancia sobre las rocas más antiguas.

Tectónica

La cuenca de Barinas-Apure se estructuró como provincia geológica independiente durante la orogénesis Alpina que marca el tiempo del levantamiento de la Gran Cordillera Andina. Los movimientos alpinos acentuaron la emergencia del arco de El Baúl, estructura que separó definitivamente a la cuenca Barinas-Apure de la del oriente de Venezuela. Desde el punto de vista genético, la cuenca de Barinas-Apure es una cuenca estructural relacionada con el arreglo tectónico de pilares y fosas ("horst" y "graben") de la Cadena Andina. Los Andes de Mérida están cortados por fosas tectónicas longitudinales, asociadas con un amplio levantamiento de montañas. Los flancos de los Andes están limitados por cuencas estructurales profundas, mientras que los frentes de montañas han sido volcados y corridos en la dirección de las cuencas. Si se analiza el mapa tectónico de Bucher de los Andes se observa que un tercio de la parte norte tiene la apariencia de un levantamiento anticlinal simétrico, con una ancha faja de sedimentos de edad Oligoceno-Mioceno en sus flancos; en cambio los dos tercios restantes exhiben gran asimetría: en dirección noroeste en la parte central y en dirección sureste en el extremo sur. La apretada sucesión de pliegues desde el oeste, el volcamiento y corrimiento de los pliegues occidentales, el desarrollo en la depresión del Táchira de fallas "en echelon" y la deflexión de los pliegues andinos, de su dirección normal noreste-suroeste por un rumbo norte sur, son el resultado de movimientos diferenciales de la Cordillera Oriental de Colombia y sur de la Sierra de Perijá contra los Andes venezolanos hacia la depresión de Barinas.

En los bordes del núcleo andino, los pliegues adquieren mejor desarrollo, como se puede observar en los contrafuertes de Barinas, donde se presenta un anticlinal de gran extensión, que partiendo del pilar

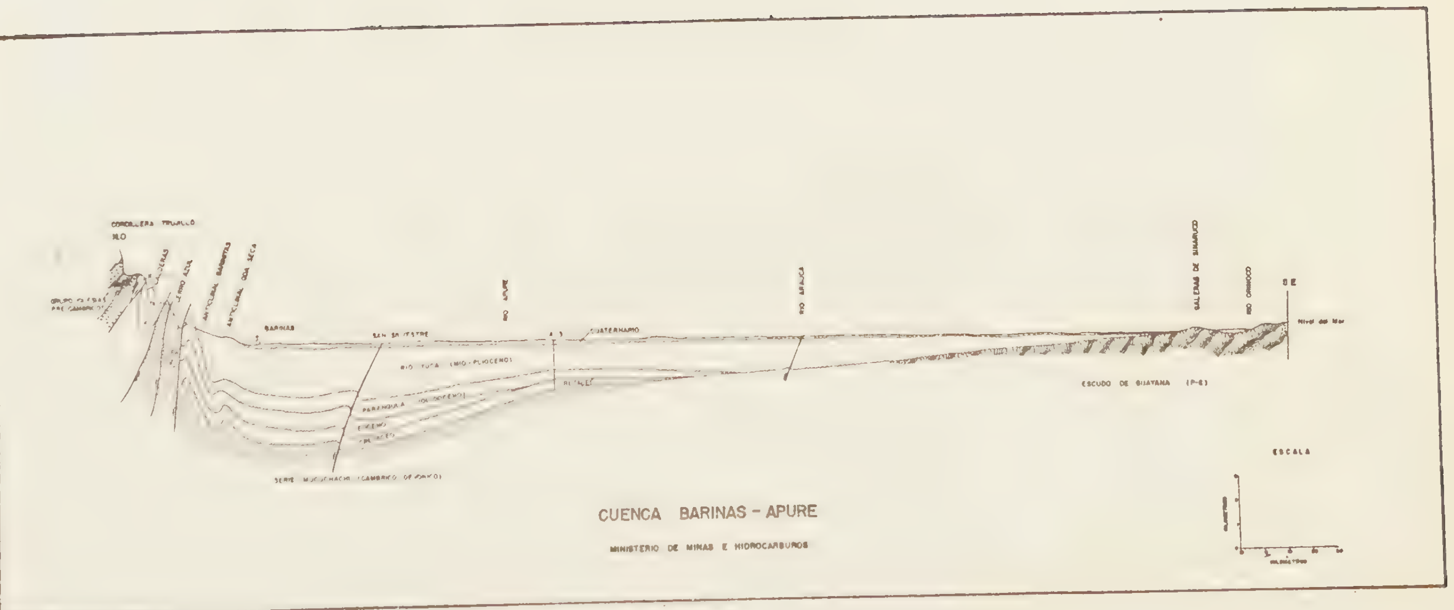


Fig. 14. Sección geológica generalizada NO-SE de la cuenca Barinas-Apure.

("horst") de Masparro se extiende hacia el suroeste. En su región axial afloran rocas pre-cretáceas, cubiertas en ambos declives por sedimentos del Cretáceo. Hacia el suroeste la cresta continúa en rocas eocenas, cubiertas hacia el extremo del declive por sedimentos más jóvenes. Esta larga estructura está cortada, en sus extremos, por fallas transversales normales, en dirección sureste.

Entre Barinas y Barinitas se presentan dos pliegues anticlinales principales: el anticlinal de Barinitas en sedimentos del Eoceno, que presenta declive hacia el noreste, y el anticlinal de Quebrada Seca en el que afloran rocas del Terciario medio y superior, con un declive pronunciado hacia el suroeste, hasta desaparecer en la misma dirección bajo los sedimentos cuaternarios; su extremo noreste está cortado por una falla normal. En esta larga estructura se perforó, años atrás, el pozo Uzcátegui No. 1, precursor del desarrollo de la cuenca Barinas-Apure. (Figura 14).

En el flanco occidental de la cuenca Barinas-Apure el buzamiento regional es hacia el sureste, exceptuando las zonas donde predominan accidentes estructurales. Los bordes del macizo andino están afectados por fallas longitudinales, algunas de las cuales son de corrimiento con ángulo alto, especialmente en la región de Barinitas-Altamira. Una de las fallas más importantes es la de Cerro Azul, que ha llevado a la superficie una sección de rocas pre-cretáceas. Hacia el sureste, los afloramientos y estructuras han quedado oscurecidos, en la mayor parte de la cuenca, por el espeso manto de sedimentos cuaternarios, habiendo sido determinada la tectónica del subsuelo a base de estudios geofísicos; sin embargo, debido al enorme interés de la cuenca y al carácter competitivo de las empresas que operan en la región, los resultados son confidenciales.

Desarrollo

La Cuenca Barinas-Apure está en pleno desarrollo exploratorio por las compañías petroleras, Sinclair Oil and Refining Company y Socony Mobil Oil Company de Venezuela. La Sinclair inició sus investigaciones en 1925 y perforó en el lapso 1930-1931 el pozo Uzcátegui No. 1, que resultó seco. Hasta el 1o. de diciembre de 1955, la Sinclair había perforado 10 pozos cerca del pueblo de San Silvestre, de los cuales dos resultaron secos, además de 3 pozos exploratorios

perforados en otras localidades. La Socony, que empezó a explorar en 1943, obtuvo su primera producción comercial en la cuenca Barinas-Apure en 1947 con su pozo Silvestre No. 2, después de haber perforado 6 pozos secos en varios puntos de la cuenca. La Mene Grande Oil Company, en el lapso 1947-1949, perforó 3 pozos secos al sur del Río Apure. Hasta el presente, la Socony ha perforado 11 pozos en el área de San Silvestre, además de otros 6 pozos exploratorios en otras localidades. La producción corresponde a la sección Eoceno-Cretáceo. El petróleo es negro, de base asfáltica, con una gravedad promedio de 25° API y una relación promedio gas-petróleo excepcionalmente baja. La profundidad media de perforación alcanzada es de unos 2,950 metros (9.000 pies).

Los resultados satisfactorios obtenidos por la Socony y por la Sinclair en la cuenca Barinas-Apure han despertado un enorme interés por esta zona. En la actualidad estas compañías estudian la posibilidad de construir un oleoducto hasta Puerto Cabello, en el Estado Carabobo.

LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA

Esta cuenca de dirección general este-oeste mide unos 700 kilómetros de largo por unos 220 kilómetros de ancho, tiene una superficie mayor de 153,000 kilómetros cuadrados y un volumen total de sedimentos, a partir de la base del Eoceno superior hasta el Reciente, de alrededor de 310,000 kilómetros cúbicos.

Los bordes sur y oeste de la cuenca son el escudo estable de Guayana y el arco de El Baúl, respectivamente, formados por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de edad presumiblemente pre-Cámbrico a Triásico-Jurásico (?). Estas rocas constituyen también el basamento de la cuenca y yacen discordantemente debajo de sedimentos de edad Cretáceo a Cuartenario.

La cuenca Oriental comenzó su desarrollo como geosinclinal a partir del Cretáceo con la invasión de los mares sobre el basamento peneplanado. Durante su formación, el eje del geosinclinal, caracterizado por una acumulación máxima de sedimentos, comenzó a desplazarse hacia el sur desde el norte de la costa actual de Venezuela, en el Cretáceo inferior, hasta llegar a la parte central de Anzoátegui y Mo-

nagas, en el Plioceno. Actualmente, la deposición geosinclinal tiene todavía lugar en la desembocadura del Río Orinoco, Territorio Delta Amacuro. La posición del eje del geosinclinal controló la deposición y el carácter de los sedimentos, los cuales se vuelven generalmente más marinos de sur a norte y de oeste a este. Las formaciones cretáceas y terciarias aumentan en espesor desde el escudo de Guayana, en el sur, hacia el eje del geosinclinal, en el norte; alcanzando un espesor superior a los 8.230 metros (27.000 pies) en el Cretáceo y de 9.150 a 12.200 metros (30.000 a 40.000 pies) en el Terciario. En el sur, sobre la plataforma continental, se depositó sólo una fracción de esos espesores. El aumento de espesor de parte de la secuencia terciaria se muestra en un mapa isópaco (Figura 15).

Movimientos orogenéticos y epirogenéticos, particularmente en su fase final durante el Mioceno y Plioceno, transformaron la cuenca sedimentaria oriental en una cuenca estructural subdividida por el levantamiento de Anaco en las cuencas de Maturín y de Guárico, al este y oeste respectivamente de dicho levantamiento de rumbo noreste. En los mapas estructurales (Figuras 16, 17, 18, 19) y secciones verticales norte-sur (Figuras 20, 21, 22) se muestra la estructura de la cuenca. Después del levantamiento pliocénico y de la inclinación del eje de la cuenca hacia el este, el mar se retiró en esa dirección y la cuenca Oriental de Venezuela pasó a formar parte integral del continente sur-americano.

Pre-Cretáceo

La información geológica más antigua acerca de la cuenca se refiere a su basamento pre-Cretáceo peneplanado, constituído por una gran variedad de rocas cristalinas, ígneas y metamórficas, en parte de origen sedimentario. Estas rocas, penetradas por un número de pozos, están intensamente plegadas y se les puede asignar una edad variable entre el pre-Cámbrico y el Triásico-Jurásico (?). Durante este lapso, la región estuvo probablemente sometida a varios períodos transgresivos y regresivos, deformación asociada con actividad ígnea, metamorfismo y peneplanación.

Las unidades litoestratigráficas más jóvenes, preservadas sólo como remanentes dentro del basamento predominantemente ígneo, se denominan formaciones Hato Viejo y Carrizal, de edad posiblemente

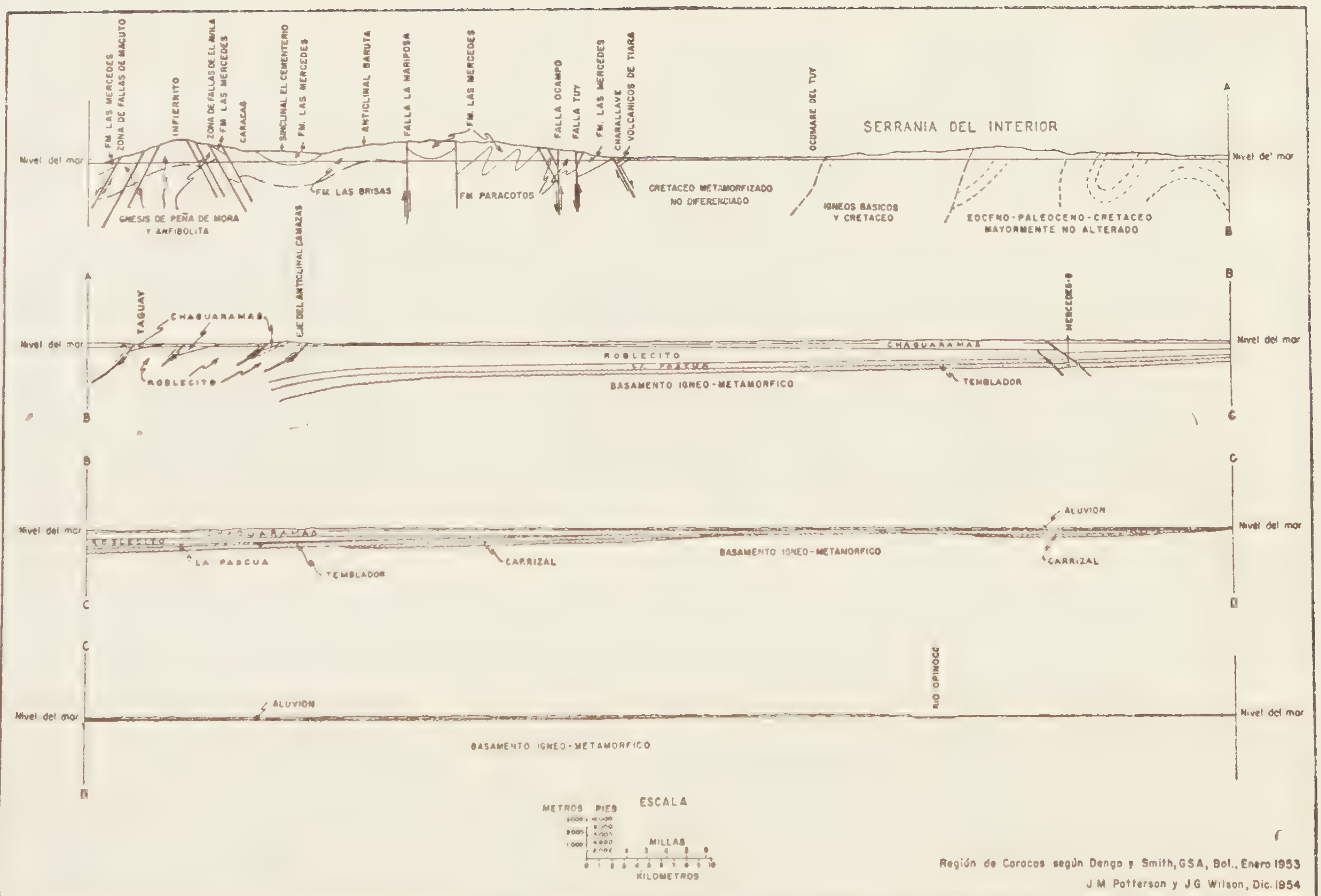


Fig. 20. Sección Vertical desde el Mar Caribe S 10° E. a través del Campo de Las Mercedes, hasta el Río Orinoco, Venezuela Oriental.

Según H. D. Hedberg modificado por H. H. Renz, Oct. 1954

Fig. 21. Sección Vertical desde el Mar Caribe S 15° E. a través del Terminal de Puerto La Cruz—Campos de Santa Rosa y Oficina.

Región de Quiriquire según Borger, A.A.P.G. Bol., Dic 1952, Fig. 7, p. 2304

Fig. 22. Sección vertical desde el Mar Caribe S 20° E. a través de los Campos de Quiriquire y Temblador, hasta el Río Orinoco, Venezuela Oriental.

Triásico-Jurásico, aunque se puede también considerar una edad Paleozoica. La formación Hato Viejo tiene un espesor de unos 92 metros (300 pies) y se compone de areniscas cuarcíticas y arcósicas, las cuales suprayacen discordantemente al basamento ígneo-metamórfico y pasan gradualmente hacia arriba a la formación Carrizal. La formación Carrizal consta de unos 610 metros (2.000 pies) de argilitas verdosas interestratificadas con algunas areniscas y conglomerados de grava, e infrayace discordantemente al grupo Temblador de edad Cretáceo. Las formaciones Hato Viejo y Carrizal posiblemente pueden correlacionarse con la formación Roraima del escudo de Guayana y con la formación La Quinta del oeste de Venezuela.

Cretáceo

En el comienzo del Cretáceo, o quizás en las postrimerías del Jurásico, empezó a formarse una cuenca debido a un hundimiento entre el relativamente estable escudo de Guayana, en el sur, y la supuesta tierra firme de Paria, en el norte. Esto marca el comienzo del geosinclinal Oriental de Venezuela que se mantuvo activo a través del Cretáceo y Terciario y cuyo eje muestra un desplazamiento progresivo hacia el sur. La deposición y carácter de los sedimentos fueron afectados por la posición del eje deposicional, en relación a la plataforma epicontinental meridional.

El Cretáceo del oriente de Venezuela se puede considerar como un ciclo mayor de sedimentación, el cual comenzó en el Cretáceo inferior con la deposicion de sedimentos predominantemente continentales y clásticos (Barremiense) que pasan gradualmente hacia arriba a calizas depositadas en un ambiente marino de aguas llanas a arrecifales (Aptiense-Albiense). Desde el Cenomaniense al Coniaciense, persistieron condiciones típicamente marinas y deposición relativamente tranquila con acumulación de calizas oscuras pelágicas y lutitas calcáreas. Luego, hasta el Daniense-Paleoceno, prevalecieron de nuevo condiciones de aguas llanas con la deposición de areniscas, lutitas, limolitas, dolomitas y calizas dolomíticas. Este ciclo de sedimentación en el miogeosinclinal al sur del eje de la cuenca sedimentaria cretácea, se observa claramente en las secciones que afloran en la Serranía del Interior y en las islas próximas a Puerto La Cruz. Hacia el eje del geosinclinal en el norte, justamente en la Cordillera de la Costa, el Cre-

táceo está representado por un grueso complejo metamórfico con una gran variedad de rocas ígneas intrusivas y volcánicas que refleja en parte condiciones típicas de eugeosinclinal. Sin embargo, más al sur, hacia la línea costanera cretácea, al norte del escudo de Guayana, las facies y las condiciones de deposición fueron controladas por la afluencia de material terrígeno proveniente de dicho escudo. Así, se puede notar que en la región meridional la sección del Cretáceo inferior está desarrollada como una facies continental y la parte inferior del Cretáceo superior está representada por facies de aguas llanas marinas a salobres con un alto porcentaje de areniscas.

La estratigrafía del Cretáceo del oriente de Venezuela se resumirá brevemente para las tres provincias denominadas La Cordillera de la Costa, La Serranía del Interior y la zona meridional de la cuenca.

En la Cordillera de la Costa la estratigrafía del Cretáceo todavía no se conoce completamente y está sujeta a futuros cambios. La secuencia tiene un espesor mayor de 8,230 metros (27.000 pies) y consiste en rocas metamórficas, asociadas en su mayor parte con ígneos intrusivos y flujos de lava. La parte inferior de la sección (grupo Caracas) fué depositada en un miogeosinclinal al norte de la plataforma epicontinental, mientras que la parte superior (volcánicos de Tiara y formación Paracotos) fué depositada en la zona eugeosinclinal. El gneiss de Sebastopol, que constituye el basamento pre-Cretáceo, infrayace discordantemente al grupo Caracas. Este grupo ha sido dividido de abajo hacia arriba en tres formaciones, a saber: Las Brisas, Antímano y Las Mercedes. La formación Las Brisas, de unos 1,890 metros (6,200 pies) de espesor, se compone de conglomerados y areniscas metamorfizados, gneisses, calizas marmolizadas y esquistos, y es infrayacente a la caliza recristalizada, gris oscura y lenticular de la formación Antímano. La formación Las Mercedes, suprayacente a la formación Antímano, tiene un espesor de unos 1,584 metros (5.200 pies) y se compone de esquistos calcáreos, calizas marmolizadas y conglomerados metamorfizados, sumamente plegados. Localmente, en la parte superior del grupo, se incluye la formación Tacagua que consta de 137 a 183 metros (450 a 600 pies) de esquistos sericíticos y epidóticos, cuya posición estratigráfica es un asunto de contraversia. El grupo Caracas fué depositado probablemente desde el Neocomiense al Cenomaniense y posiblemente se puede correlacionar con el grupo Sucre de la Serranía del Interior. El grupo Caracas infrayace discordantemente a

la formación Paracotos, menos metamorfizada, y a los volcánicos de Tiara. La formación Paracotos está formada por unos 3,505 metros (11,500 pies) de filitas y tobas interestratificadas con conglomerados, grauvacas y calizas recristalizadas e intrusionadas por rocas ígneas, tales como dioritas, granitos, peridotitas y serpentinas. La evidencia fosilífera establece definitivamente una edad Maestrichtiense, al menos para la parte superior de la formación Paracotos; no obstante, la parte inferior puede ser algo más antigua. Los volcánicos de Tiara, con unos 914 metros (3,000 pies) de espesor, consisten en gabros y basaltos muy semejantes a los volcánicos interestratificados del grupo Arrayanes de edad Coniaciense a Maestrichtiense de la Serranía del Interior, en la región San Juan de los Morros-San Sebastián, Estados Guárico y Aragua. El volcanismo de Tiara posiblemente estuvo activo en la Cordillera de la Costa durante la mayor parte del Cretáceo superior.

Al sur de la Cordillera de la Costa, y aparentemente en contacto de falla con ella, se halla la Serranía del Interior compuesta esencialmente de rocas cretáceas depositadas en un miogeosinclinal al norte de la plataforma epicontinental donde tuvo lugar la transgresión del mar Cretáceo desde el norte y el este. En la Serranía del Interior el espesor total del Cretáceo alcanza por lo menos 3,660 metros (12,000 pies), pero la base no está expuesta. La parte inferior del Cretáceo está representada por el grupo Sucre que ha sido dividido de abajo hacia arriba en cuatro formaciones, a saber: Barranquín, Borracha, Chimana y Boquerón. El grupo Sucre se extiende desde el Barremiense al Cenomaniense, aunque la parte basal y continental puede llegar hasta el Neocomiense. Se presume que la formación Barranquín suprayace en contacto discordante a una unidad geológica desconocida, probablemente pre-cretácea. La formación consiste en unos 1,067 a 1,524 metros (3,500 a 5,000 pies) de areniscas cuarcíticas de colores claros, interestratificadas con lutitas de diferentes colores; en la parte superior se encuentran capas de calizas del tipo biostromo, de edad Aptiense o Barremiense-Aptiense. La formación Barranquín pasa transicionalmente hacia arriba a la formación Borracha, llamada originalmente “formación El Cantil”. La formación Borracha consiste en unos 122 a 457 metros (400 a 1,500 pies) de calizas arrecifales, margas, lutitas y areniscas de edad Aptiense. La formación Chimana, suprayacente, de ambiente marino de aguas llanas consta de unos 70 a 305

metros (200 a 1,000 pies) de lutitas físiles interestratificadas con lentes de calizas y areniscas glauconíticas en la parte superior; la edad de la formación es Albiense. La formción Boquerón es la unidad más joven del grupo Sucre y constituye una zona de transición a la suprayacente formación Querecual, del grupo Guayuta. La formación Boquerón consiste en unos 40 a 91 metros (130 a 300 pies) de calizas arenosas o arcillosas y lutitas arenosas, su edad se ha determinado paleontológicamente como Cenomaniense.

El grupo Guayuta, suprayacente, está constituído por las formaciones Querecual y San Antonio depositadas en aguas más tranquilas, algo más profundas y estancadas con el desarrollo de faunas pelágicas extremadamente ricas; la ausencia virtual de faunas bentónicas se debe probablemente a condiciones desfavorables en el fondo del mar. La formación Querecual es la unidad basal del grupo Guayuta y consiste casi enteramente en unos 371 metros (2,400 pies) de calizas negras y lutitas calcáreas con concreciones de caliza de forma discoidal, esferoidal y elipsoidal. La edad de la formación es predominantemente Turoniense, pero la parte basal puede ser Cenomaniense y la parte más superior Coniaciense. La formación San Antonio, suprayacente, se caracteriza por la aparición de capas muy discontinuas de areniscas y por el aumento de capas ftaníticas. La formación tiene unos 400 metros (1,300 pies) de espesor y se compone de calizas y lutitas calcáreas interestratificadas con capas de areniscas calcáreas algo macizas. El contenido de ftanita puede aumentar localmente a tal grado que la formación entera se componga de caliza ftanítica o silícea. La edad de la formación San Antonio es probablemente en su mayor parte Coniaciense y Santoniense, aunque la parte más joven puede alcanzar el Campaniense.

El grupo Santa Anita, que suprayace concordantemente al grupo Guayuta, incluye sedimentos de edad Cretáceo superior y Paleoceno, indicativos de una deposición continua a través del contacto Cretáceo-Terciario. En muchos lugares el grupo Santa Anita infrayace discordantemente al grupo Merecure de edad Eoceno superior —Oligoceno, en cambio en otras regiones no hay discordancia aparente entre estos dos grupos, aunque se puede asumir un hiato en la deposición por la falta aparente de sedimentos de edad Eoceno inferior y medio. El grupo Santa Anita puede alcanzar un espesor de 700 metros (2,300 pies) o más y consta de abajo hacia arriba de las formaciones San Juan,

Vidoño y Caratas. La formación San Juan se compone de areniscas macizas muy duras y la formación Vidoño, suprayacente, consiste en lutitas oscuras foraminiferales con capas menores de areniscas y limolitas; ambas formaciones pueden reemplazarse entre sí, lateralmente. La formación Caratas, suprayacente, tiene un espesor de hasta 305 metros (1,000 pies) y está formada por dolomitas glauconíticas, calizas dolomíticas y limolitas, interestratificadas con areniscas cuarcíticas macizas y lutitas limosas. La edad del grupo Santa Anita se extiende desde el Campaniense al Paleoceno y el contacto Cretáceo-Terciario se encuentra dentro de la parte más alta de la formación Vidoño. Con la deposición del grupo Santa Anita finalizó el primer ciclo de sedimentación y la región de la Serranía del Interior fué levantada y expuesta a erosión antes de la transgresión que marcó el comienzo del ciclo sedimentario Terciario con la deposición de los sedimentos del grupo Merecure.

Durante el Cretáceo Superior la sedimentación en la parte oriental de la Serranía del Interior tuvo lugar en un miogeosinclinal, mientras que en la parte occidental prevalecieron condiciones de eugeosinclinal, como lo indica la secuencia volcánico-sedimentaria del grupo Arrayanes desde el Coniaciense hasta el Maestrichtiense. El grupo Arrayanes consiste, de abajo hacia arriba, en las formaciones Garrapata y Escorzonera. En la región de San Juan de los Morros, Estado Guárico, el grupo Arrayanes infrayace discordantemente a la formación Guárico de edad Paleoceno, equivalente a la formación Caratas del grupo Santa Anita.

Hacia la parte meridional de la cuenca sedimentaria cretácea se observan cambios pronunciados de facies. Desde la zona miogeosinclinal de la cuenca representada por los depósitos de la Serranía del Interior, el mar cretáceo invadió hacia el sur al borde septentrional del escudo de Guayana, compuesto por el basamento pre-Cretáceo peneplanado. A comienzos del Cretáceo la línea de costa se encontraba a menos de la mitad de la distancia entre la costa septentrional actual de Venezuela y el Río Orinoco, y en las postrimerías del Cretáceo la línea de costa casi alcanzó al curso actual del Río Orinoco. Al final del Cretáceo y comienzos del Terciario la cuenca Oriental estuvo sometida a movimientos epirogenéticos, que levantaron y expusieron a erosión gran parte de ella, con el resultado que de norte a sur fueron

erosionadas porciones cada vez mayores de la secuencia sedimentaria Cretáceo-Paleoceno.

El Cretáceo en la región central y meridional de la cuenca está representado por el grupo Temblador, el cual se hace gradualmente menos marino de norte a sur. En la parte oriental de la cuenca, el grupo consta de una sección inferior moteada (areniscas, limolitas y arcilitas) depositada en un ambiente no marino y de una sección superior glauconítica (areniscas, limolitas, lutitas y calizas dolomíticas) depositada en un ambiente marino de aguas llanas. En la parte occidental de la cuenca el grupo Temblador consta de una sección inferior moteada, infrayacente a las formaciones La Cruz, Infante y Guavinita. El espesor del grupo varía de unos 183 metros (600 pies) en el sureste de la cuenca, a unos 762 a 823 metros (2,500 a 2,700 pies) en la región central y occidental de la misma. La edad del grupo va desde el Cretáceo inferior hasta el superior, pero localmente puede alcanzar al Paleoceno.

Terciario

Después de la orogenia ocurrida al final del Cretáceo y comienzos del Eoceno en la tierra firme de Paria, al norte, y del levantamiento epirogenético de la cuenca Oriental y del escudo de Guayana, al sur, tuvo lugar un hundimiento de la parte septentrional de la cuenca y la iniciación del geosinclinal terciario. La transgresión al final del Eoceno y comienzos del Oligoceno depositó el grupo Merecure sobre la superficie erosionada del Cretáceo y Paleoceno. La presión hacia el sur, ejercida por la tierra firme de Paria contra el escudo de Guayana, provocó plegamientos y combaduras en el borde norte de la cuenca y un desplazamiento gradual hacia el sur del eje del geosinclinal. Simultáneamente comenzó una transgresión marina hacia la parte meridional de la cuenca, la cual llegó a cubrirla en su totalidad, pero probablemente no antes del final del Oligoceno. La fuente dominante de los sedimentos depositados desde el final del Eoceno hasta mediados del Oligoceno fué el escudo de Guayana, al sur; pero desde el final del Oligoceno en adelante, un gran volumen del material clástico de grano grueso, depositado especialmente en la parte norte de la cuenca, provino de las montañas que emergían rápidamente más al norte, en la región de la Cordillera del Caribe.

Con la transgresión que depositó al grupo Merecure comenzó un nuevo ciclo mayor de sedimentación, sin ninguna interrupción de importancia durante la deposición de los grupos suprayacentes Santa Inés y Sacacual. Después, la sedimentación cesó en la cuenca Oriental, la cual fué levantada e inclinada hacia el este y el mar se retiró en esa dirección, pasando la cuenca a ser parte integrante del continente Sur-Americano.

La posición del eje del geosinclinal controló la deposición y carácter de los sedimentos. Así, desde el Eoceno superior hasta el Mioceno inferior, el desplazamiento hacia el sur del eje deposicional se man tuvo dentro de la zona ocupada actualmente por la Serranía del Interior o a lo largo del frente de montañas; es en esta región, por consiguiente, donde se han depositado las secciones terciarias más completas, con espesores medidos entre 9.150 y 12,200 metros (30,000 y 40.000 pies). En esta cuenca activa, el hundimiento y la deposición parecen haber estado en equilibrio, ya que tanto las litofacies como las biofacies indican condiciones de deposición en un ambiente marino a salobre de aguas llanas, intermitentemente continental hacia el oeste y distintivamente más marino hacia el mar abierto en dirección este. La plataforma continental meridional, que comprende alrededor del 75% de la cuenca terciaria, fué considerablemente más estable y estuvo sujeta a una sedimentación más lenta, con una acumulación de sedimentos que alcanzó escasamente de una tercera parte a la mitad del espesor de los sedimentos depositados en la zona septentrional de la cuenca. Tanto las faunas como la litología indican deposición en un ambiente típicamente parálico, caracterizado por un intercambio de condiciones deposicionales de ambiente marino a salobre de aguas llanas, paludales y de agua fresca. Es en este ambiente donde se formó la mayor parte del petróleo en el oriente de Venezuela.

El ciclo sedimentario terciario comienza con el grupo Merecure, de edad Eoceno superior a Oligoceno inferior, el cual se encuentra más típicamente desarrollado en el flanco meridional de la Serranía del Interior. Hacia el sur, secciones sucesivamente más jóvenes del grupo Merecure suprayacen al Cretáceo; sin embargo no alcanzan al borde meridional de la cuenca. El grupo Merecure, a lo largo del frente de montañas, tiene un espesor de 1,676 a 2,286 metros (5,500 a 7,500 pies) y consta, de abajo hacia arriba, de las formaciones Tinajitas, Los Jabillos y Naricual, siendo esta última la unidad más im-

portante. La formación Tinajitas, de edad Eoceno superior, se compone de unos 198 metros (650 pies) de calizas arrecifales con algas y orbitoides, generalmente con un conglomerado en la base, y areniscas glauconíticas, limolitas y lutitas en las secciones superiores. Suprayacente e interdigitándose con la formación Tinajitas se encuentra la formación Los Jabillos de edad Eoceno superior y consistente en unos 229 metros (750 pies) de areniscas cuarcíticas interestratificadas con algunas lutitas. Durante la deposición de las formaciones Tinajitas y Los Jabillos, la línea de costa debe haberse encontrado sólo a una corta distancia al sur del actual frente de montañas y las partes central y meridional de la cuenca expuestas a la erosión. La formación Naricual suprayace concordantemente a la formación Los Jabillos y es de edad Eoceno superior a Oligoceno inferior. Está formada por unos 1,981 metros (6,500 pies) de lutitas carbonosas, lutitas arenosas y areniscas interestratificadas con capas de lignito. La formación Naricual fué depositada en un ambiente lagunal que sufrió invasiones marinas ocasionales, especialmente en su parte inferior, como lo indica la presencia de faunas marinas en capas muy delgadas. Durante el tiempo de deposición de la formación Naricual el mar se extendió hacia el sur sobre la plataforma epicontinental, en la cual se depositaron unos 610 metros (2,000 pies) de la formación petrolífera Periquito en la región de Anaco. La formación Periquito se compone de areniscas y asperones interestratificados con lutitas carbonosas, arcilitas y limolitas. Esta formación pasa hacia el sureste a las arenas petrolíferas basales de la formación Oficina (arenas "U") de unos 122 metros (400 pies) de espesor en los campos de Oficina. En la región de Temblador y en el extremo sur de la cuenca no hubo deposición durante el tiempo Naricual.

En la parte occidental de la Serranía del Interior, el grupo Merecure quizás se puede correlacionar con la formación Tememure y con las formaciones suprayacentes Batatal y Quebradón. En la región de Las Mercedes, Guárico central, situada en la parte occidental de la cuenca, las formaciones petrolíferas La Pascua, Roblecito y la sección inferior de Chaguaramas se correlacionan con la formación Periquito de los campos de Anaco más al este.

El grupo de Santa Inés de edad Oligo-Mioceno suprayace concordantemente al grupo Merecure y consiste en una gran variedad de formaciones que constituyen la mayor parte de la cuenca terciaria del

oriente. El grupo Santa Inés está desarrollado más típicamente a lo largo del frente de montañas del noreste de Anzoátegui cercano al eje sedimentario de la cuenca. En esta región existen 7,620 a 10,670 metros (25.000 a 35.000 pies) de areniscas calcáreas, asperones y conglomerados, interestratificados con lutitas y arcilitas, los cuales fueron depositados en un ambiente de aguas llanas, marinas y salobres a frescas. En general, se puede observar una graduación hacia el este de sedimentos de grano grueso y menos marinos de las formaciones Capiricual y Quiamare a sedimentos de granularidad más fina, más marinos y profundos de la facies de la "lutita de Carapita", la cual se hace progresivamente más predominante hasta constituir la mayor parte del grupo Santa Inés.

El grupo Santa Inés, a lo largo de la carretera Puerto La Cruz Oficina en el norte de Anzoátegui, consiste de abajo hacia arriba en las formaciones Capiricual y Quiamare, con un espesor total de unos 6,705 metros (22.000 pies) depositadas cerca del eje sedimentario del geosinclinal. La formación Capiricual de edad Oligoceno es localmente petrolífera y consta por lo menos de 3,657 metros (12.000 pies) de lutitas interestratificadas con areniscas calcáreas, conglomerados ftaníticos, y algunos lignitos y arcilitas, depositados en un ambiente marino de aguas llanas. La formación Quiamare, suprayacente y de edad Oligoceno a Mioceno superior, consiste en unos 3,050 metros (10.000 pies) de arcilitas moteadas, areniscas, lutitas ligníticas y algunos conglomerados, predominantemente no marinos. Hacia el oeste la formación Quiamare pasa a una unidad predominantemente conglomerática denominada "conglomerado El Pilar". La formación Quiamare infrayace discordantemente al grupo Sacacual de edad Mioceno superior-Plioceno.

El grupo Santa Inés se hace distintamente más marino hacia el este. Lateralmente, en dirección este, la formación Capiricual pasa a las formaciones Carapita compuesta de unos 2,134 metros (7,000 pies) de lutitas marinas, Capaya infrayacente consistente en unos 670 metros (2,200 pies) de areniscas y lutitas, y Uchirito suprayacente formada de unos 1,372 metros (4,500 pies) de conglomerados ftaníticos, areniscas y lutitas. Las formaciones Capaya y Uchirito se proyectan hacia el este como lenguas de la formación Capiricual. Aún más al este, las formaciones Capaya y Uchirito se adelgazan hasta desaparecer completamente, y la formación Capiricual es reemplazada

por la facies de la "lutita de Carapita". La formación Quiamare, suprayacente a la formación Capiricual, probablemente pasa hacia el este a la parte superior de la formación Carapita, a la formación La Pica de Monagas septentrional, y posiblemente también a la parte basal de grupo Sacacual. El grupo Santa Inés, desde la carretera a Puerto La Cruz hacia el oeste y a lo largo del frente de montañas de Anzoátegui noroccidental, Guárico y Aragua, se va haciendo predominantemente de ambiente salobre y continental y pasa a una secuencia muy gruesa de arcilitas moteadas, limolitas, areniscas conglomerados, lutitas y lignitos, que corresponden a las unidades "arcilita de Bruzual", "conglomerado de Guanape", grupo Guarumen, y a las formaciones Chaguaramas, Suata, Santa Lucía y Cucharo; muchas de estas unidades han sido muy mal definidas y no serán discutidas en este artículo.

A lo largo del frente de montañas se puede observar que, en la sección del Oligoceno medio y predominantemente del Oligoceno superior del grupo Santa Inés, hay un aumento pronunciado en los sedimentos clásticos de grano grueso derivados del norte, como una consecuencia del levantamiento de la tierra firme de Paria y de la combadura del borde norte del geosinclinal Oriental. Movimientos orogenéticos en el frente de montañas del norte de Monagas dieron lugar a una discordancia angular entre la formación La Pica de edad Mioceno y diferentes horizontes de la formación Carapita infrayacente. Tales movimientos se replegaron hacia la parte central de la cuenca, en la región de Anaco, donde se desarrolló una ligera discordancia entre la formación Oficina y la formación Freites suprayacente. Esto marca el comienzo de la transformación de la cuenca sedimentaria oriental en una cuenca estructural.

El grupo Santa Inés, desde el borde norte de la cuenca, pasa hacia el sur a los depósitos epicontinentales de las formaciones Oficina y Freites de edad Oligoceno y Mioceno. La formación Oficina, que es muy petrolífera y predominantemente de edad Oligoceno, varía en espesor desde 183 metros (600 pies) en la región de Temblador a 457-1,829 metros (1,500-6,000 pies) en los campos de Oficina, y a 2,286-3,048 metros (7,500-10,000 pies) en los campos de Anaco. La formación Oficina consta de una sección de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino a grueso, interestratificadas con lutitas ligníticas, lignitos, arcilitas, areniscas glauconíticas y sideríticas, y capas delgadas de calizas. Las areniscas son de mayor espesor de grano más

grueso y más numerosas cerca de la base de la formación; en algunos pozos pueden encontrarse en la formación hasta 50 capas de lignitos. A base de arenas o grupos de arenas existentes, la formación se divide en la región de Oficina y en orden descendente en las arenas Oficina-1 a Oficina-13 seguidas por las arenas "A" a "U". En la región de Anaco la formación se divide también en orden descendente, en los miembros Blanco, Azul, Moreno, Naranja, Verde, Amarillo y Colorado. La formación Oficina yace discordantemente sobre el grupo Temblador de edad Cretáceo y está cubierta concordantemente por la formación Freites de edad Mioceno en las regiones de Oficina y Temblador, mientras que en los campos de Anaco el contacto Oficina-Freites se caracteriza por una ligera discordancia. La formación Oficina pasa hacia el oeste a la parte superior de la formación Chaguaramas de Guárico central y hacia el norte pasa a las formaciones Capiricual y parte basal de Quiamare. Las evidencias faunísticas y litológicas combinadas indican que la formación Oficina fué depositada en un ambiente típicamente parálico caracterizado por la interdigitación de sedimentos de ambiente de aguas frescas, paludales y salobres a marinos de aguas llanas; las condiciones se hacen más marinas hacia el este y hacia el sur.

Actualmente, la producción de petróleo de la formación Oficina proviene de casi 100 arenas diferentes, con espesores netos de arenas desde 0.6 a 55 metros (2 a 180 pies). Algunas de estas arenas se encuentran en capas lenticulares o tabulares y otras en forma de canales con dirección norte. Existen buenas razones para considerar que el fallamiento en menor escala se produjo durante la deposición de la formación Oficina y que estas fallas, de buzamiento generalmente hacia el sur, son responsables de la acumulación de petróleo. Sin embargo, hay también depósitos petrolíferos debidos a trampas estratigráficas. Es muy probable que el petróleo se formó en la misma formación Oficina, de donde se produce actualmente.

La formación Freites de edad Mioceno es suprayacente a la formación Oficina y se compone de arcilitas marinas de color gris verdoso interestratificadas, especialmente en las secciones inferior y superior, con areniscas predominantemente marinas y glauconíticas. En la región de Oficina, la formación tiene un espesor que varía desde unos 305 metros (1,000 pies) en el sur a unos 853 metros (2,800 pies) en el norte; en la región de Anaco, la formación Freites fué erosionada, par-

cial o completamente, durante la transgresión Sacacual. En los campos de Oficina y Anaco, la formación Freites infrayace concordantemente al grupo Sacacual (formación Las Piedras). Hacia el frente de montañas, al norte, la formación Freites se correlaciona en parte con la formación Quiamare y en parte con la formación La Pica de la región de Jusepín, en Monagas septentrional.

La formación La Pica de edad Mioceno es la principal productora de petróleo en los campos de Jusepín (Monagas septentrional) y Pedernales (Territorio Delta Amacuro). El rumbo general de los horizontes petrolíferos es hacia el este, extendiéndose hasta Trinidad meridional, donde la producción se obtiene de las formaciones Cruse y Forest, equivalentes a la formación La Pica. La formación La Pica consiste predominantemente en una secuencia de arcillas y areniscas de grano fino y limos, interestratificados con arcilitas y algunas capas ligníticas; en las areniscas a veces se observa estratificación cruzada. Localmente se encuentran flujos de barro interestratificados y algunas veces capas menores de conglomerados. La litología y la fauna indican que la formación La Pica fué depositada en un ambiente marino a salobre de aguas muy llanas, intermitentemente claras a turbias, en su mayor parte cercano a la línea de costa al sur del presente frente de montañas. Hay cierta evidencia para asumir que la formación se depositó en las postrimerías del Mioceno, en una zona deltaica próxima a la desembocadura de un gran río, posiblemente el Orinoco.

En los campos de Jusepín, la formación La Pica suprayace con una discordancia angular pronunciada a la formación Carapita, e infrayace con una discordancia local al grupo Sacacual. Hacia el sur las relaciones estratigráficas con la formción Freites, infrayacente, y con el grupo Sacacual, suprayacente, se hacen concordantes y transicionales. La formación La Pica pasa lateralmente hacia el sur y sureste a parte de la formación Freites y a la parte basal de la formación Las Piedras (grupo Sacacual). Hacia el oeste a lo largo del frente de montañas, pasa probablemente a la parte superior de la formación Quamare.

El tope del Terciario en la cuenca Oriental está representado por el grupo Sacacual de edad Mioceno superior a Plioceno, en el cual, a base de variaciones horizontales y verticales de facies, se han reconocido diferentes formaciones. Los sedimentos del grupo Sacacual son casi enteramente de ambiente de agua dulce y puramente continental. El grupo cubre a la parte oriental de la cuenca y falta en la parte

occidental debido a la erosión que siguió al levantamiento e inclina ción hacia el este de la cuenca. (Figura 19).

Entre las formaciones arenosas, ligníticas y conglomeráticas del grupo Sacacual, las formaciones Las Piedras y Quiriquire son las más importantes. La formción Las Piedras, típicamente desarrollada en el Delta Amacuro, Monagas y partes central y meridional de Anzoátegui, consiste en unos 488 a 1.370 metros (1,600 a 4,500 pies) de una intercalación de areniscas de grano fino, más o menos carbonosas, y arcilitas, areniscas friables, lignitos y lutitas lignítica y capas ocasionales de calizas arenosas y arcilitas sideríticas. La formación Las Piedras infrayace parcialmente a la formación Quiriquire y es en parte su equivalente lateral. La formación Quiriquire, altamente petrolífera, está bien desarrollada en el campo de Quiriquire de Monagas septentrional, tiene hasta 1.646 metros (5.400 pies) de espesor y consiste en areniscas mal consolidadas, conglomerados de guijarros, peñas y peñones, y arcilitas con capas delgadas de lignitos y arcillas lignítica. La formación Quiriquire es una de las mayores productoras de petróleo en Venezuela Oriental, pero en vista de la aparente ausencia de roca madre, se considera que ella representa un yacimiento secundario dentro del cual el petróleo ha emigrado desde formaciones más antiguas a través de la discordancia existente en la base de la formación.

Durante el tiempo de deposición del grupo Sacacual (Mioceno superior-Plioceno), la cuenca Oriental de Venezuela fué afectada por fallamiento debido a esfuerzos tectónicos desde varias direcciones, probablemente como consecuencia de los movimientos durante la fase orogénica andina en las montañas septentrionales. Dichas montañas consistían predominantemente en rocas cretáceas que fueron empujadas hacia el sur sobre sedimentos terciarios, dando como resultado un conjunto de fallas de ángulo alto y estructuras complejas con buzamientos pronunciados en el flanco norte de la cuenca, el cual aparece asimétrico en sección vertical (Figuras 20, 21, 22), con el eje justamente al sur del frente de montañas. Los esfuerzos provenientes del norte y noroeste alcanzaron la región de Anaco donde una serie de domos alargados de rumbo general noreste fueron empujados hacia el sureste (falla de corrimiento de Anaco) con los flancos más inclinados en la misma dirección. Este levantamiento de la región de Anaco, donde se encuentra un número importante de campos petrolíferos, es

una anomalía en la cuenca Oriental de Venezuela, a la que dividió en las subcuencas estructurales de Maturín al este y de Guárico al oeste (Figuras 17, 18).

Durante o inmediatamente después de la deposición del grupo Sacacual (Mioceno superior—Plioceno), la cuenca Oriental de Venezuela fué levantada e inclinada fuertemente hacia el este, como así lo demuestra el buzamiento regional de las capas de la parte inferior del grupo Sacacual (Figura 19).

Cuaternario

La unidad estratigráfica más joven de Venezuela Oriental es la formación Mesa, la cual se extiende ampliamente en el este de la región. La formación es de origen continental y suprayace al grupo Sacacual; la relación estratigráfica es generalmente discordante, pero en ciertas localidades puede ser transicional. La formación Mesa es de edad Pleistoceno y se compone de unos 15 a 152 metros (50 a 500 pies) de areniscas con estratificación cruzada, conglomerados de guijarros, peñas y peñones, y arcilitas moteadas; la formación aumenta de espesor hacia el norte.

La formación Mesa fué depositada antes de los movimientos tectónicos más recientes, ya que su superficie muestra inclinación suave y ondulaciones y la formación está localmente fallada. Al final del Pleistoceno, la cuenca Oriental de Venezuela fué expuesta a erosión y la topografía fué esencialmente la misma que vemos hoy en día.

CUENCA TUY-CARIACO

Estratigrafía

La cuenca Tuy-Cariaco está situada en el borde nororiental de la costa venezolana. Se extiende en dirección suroeste-noreste, desde la depresión de Santa Lucía (alto Tuy) hasta las islas de Margarita y Coche, y está comprendida entre la Cordillera de la Costa, la Serranía del Interior, la Península de Araya-Paria y las islas de Margarita y Coche. La cuenca tiene una superficie de unos 14.000 kilómetros cuadrados, pero como la mayor parte de ella está cubierta por las aguas

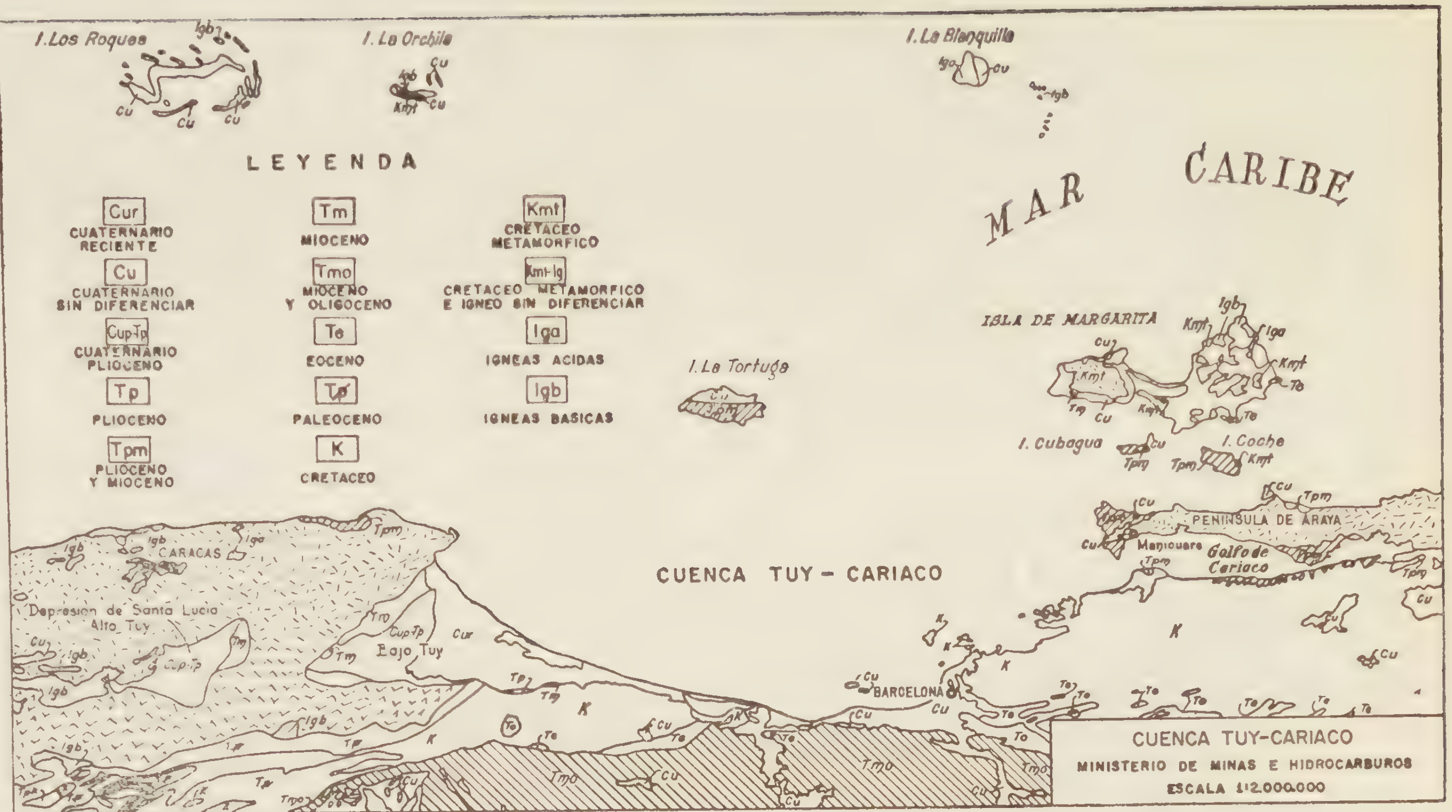

I. Los Roques
I. La Orchila
I. La Blanquilla
MAR CARIBE
LEYENDA
Cur
CUATERNARIO RECIENTE
Cu
CUATERNARIO SIN DIFERENCIAR
Cup-Tp
CUATERNARIO PLIOCENO
Tp
PLIOCENO
Tpm
PLIOCENO Y MIOCENO
Tm
MIOCENO
Tmo
MIOCENO Y OLIGOCENO
Te
EOCENO
Tp
PALEOCENO
K
CRETACEO
Kmt
CRETACEO METAMORFICO
Kmt-Ig
CRETACEO METAMORFICO E IGNEO SIN DIFERENCIAR
Iga
IGNEAS ACIDAS
Igb
IGNEAS BASICAS
ISLA DE MARGARITA
I. La Tortuga
I. Cubagua
I. Coche
PENINSULA DE ARAYA
Manicuare
Golfo de Cariaco
CUENCA TUY - CARIACO
CARACAS
Depresion de Santa Lucia
Alto Tuy
Bajo Tuy
BARCELONA
CUENCA TUY-CARIACO
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS
ESCALA 1:2.000.000

Figura 23

del Mar Caribe, la información geológica conocida sólo se refiere a sus extremos suroccidental y nororiental.

Las rocas más antiguas que flanquean la cuenca están representadas por las rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, las del complejo metamórfico de Araya-Paria, y los ígneo metamórficos de las islas de Margarita y Coche. En el flanco norte de la Serranía del Interior, al sur y sureste de El Clavo, en la ensenada inferior del Tuy, afloran rocas cretáceas de los grupos Guayuta y Santa Anita y al este de El Guapo, en la misma región, aparecen rocas cretáceas y paleoceno-eocenas muy deformadas. En la isla de Margarita afloran, al sur y sureste, rocas eocenas del grupo Punta Carnero y en el subsuelo de Cubagua se encontraron sedimentos del Eoceno superior.

Los depósitos de la Cuenca Tuy-Cariaco propiamente dicha comienzan con sedimentos terrestres del Oligoceno encontrados en el subsuelo de Cubagua por el sondeo exploratorio Cubagua No. 1; dichos sedimentos están constituídos por arcilitas moteadas no fosilíferas que yacen en discordancia angular sobre sedimentos fracturados y plegados del Eoceno superior, muy semejantes a los del Eoceno superior de la Isla de Margarita.

Los sedimentos marinos de aguas llanas del Mioceno medio, referidos a la formación Cubagua-Manicuare, afloran en las islas de Margarita, Cubagua, Coche y Península de Araya. La sección sedimentaria se compone de lutitas y algunas areniscas poco consolidadas y pobremente estratificadas. Los sedimentos del Mioceno en el subsuelo de Cubagua yacen en discordancia sobre el Oligoceno; en Margarita y Coche sobre rocas deformadas del Eoceno y en la península de Araya sobre las metamórficas.

En el valle inferior del Tuy, los sedimentos del Mioceno medio están representados por la formación Aramina, y están constituídos por un conglomerado basal, calizas impuras con fragmentos de esquistos, lutitas y areniscas limosas, pobremente consolidadas; su espesor es de unos 1,600 metros (5,250 pies). La formación Cumaca es el equivalente lateral terrestre de la formación Aramina y está compuesta por unos 100 metros (328 pies) de lutitas y areniscas verdosas; la formación contiene especies nuevas de gasterópodos de aguas dulces, en cambio, la formación Aramina encierra abundantes microfósiles marinos que indican una edad Mioceno medio. Los sedimentos miocenos yacen en discordancia angular sobre las metamórficas del grupo

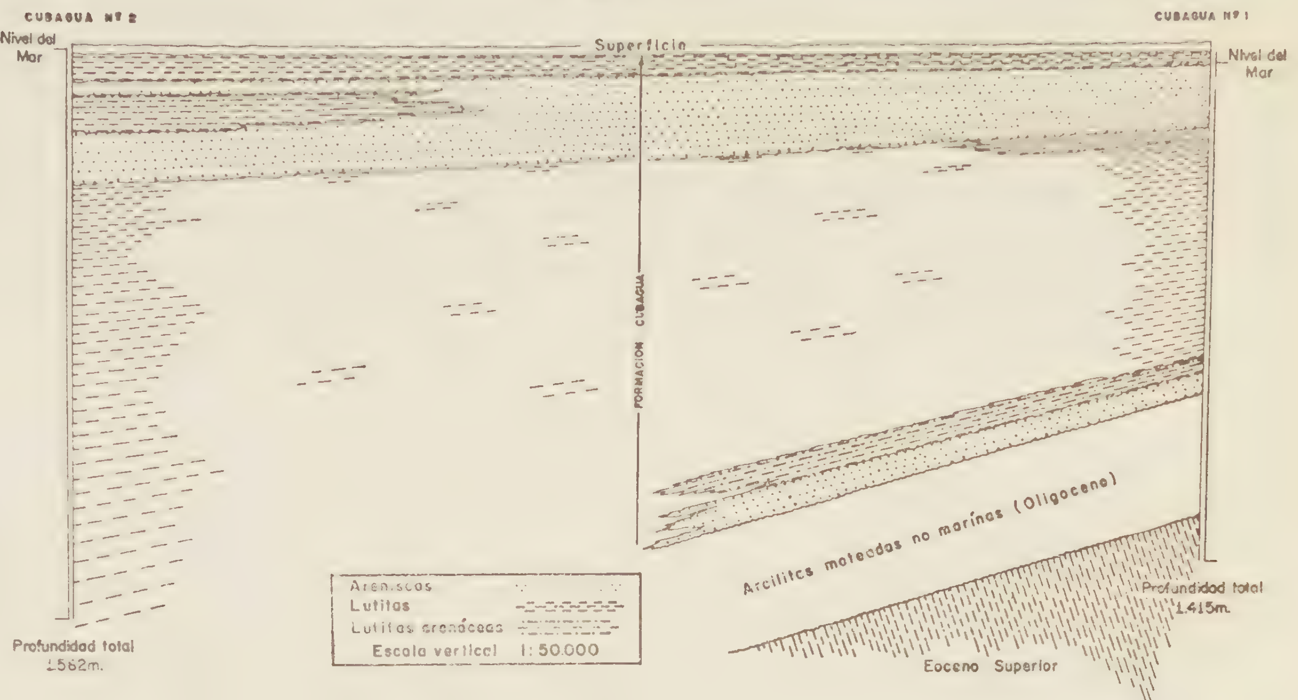

SECCION GEOLOGICA GENERALIZADA ENTRE LOS POZOS CUBAGUA Nº I Y
CUBAGUA Nº 2
CUBAGUA Nº 2
CUBAGUA Nº 1
Nivel del Mar
Superficie
Nivel del Mar
FORMACION CUBAGUA
Arcilitas moteadas no marinas (Oligoceno)
Areniscas
Lutitas
Lutitas arenáceas
Escala vertical 1: 50.000
Profundidad total 1.562m.
Profundidad total 1.415m.
Eoceno Superior
CORTESIA DE LA SOCONY MOBILOIL OF VENEZUELA
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 24

Caracas, en el borde noreste de la ensenada inferior del Tuy y sobre el Paleoceno-Eoceno, o Cretáceo en el lado sur y sureste de la ensenada. En la Cuenca del Tuy, el Mioceno superior está representado por la formación Tuy, cuya sección más completa se encuentra en la depresión de Santa Lucía. Su sección basal consiste en un conglomerado compuesto de fragmentos angulares y sub-angulares de rocas metamórficas, denominado conglomerado de Pichao; luego sigue una sección de lutitas, limolitas, arcilitas y areniscas "sal y pimienta". El espesor máximo de la formación Tuy es de unos 600 metros (1,970 pies). En la superficie, la formación descansa en discordancia angular sobre las rocas ígneas y metamórficas del grupo Caracas; en el subsuelo, en la parte baja de la sub-cuenca del Tuy, parece descansar discordantemente sobre las formaciones Cumaca y Aramina, aunque este contacto ha sido cubierto por la formación Guatire. Los fósiles son escasos y no diagnósticos y el ambiente deposicional es de aguas dulces a salobres. La formación Tuy está restringida a la depresión de Santa Lucía y a la ensenada inferior del Tuy.

Los sedimentos del Plioceno de la formación Araya, que afloran en la península de Araya y en las islas de Coche, Cubagua, Margarita y Tortuga, se componen de lutitas, arcillas, gravas y areniscas pobremente consolidadas. En los sondeos de Cubagua se encontró una sección de unos 23 metros (75 pies) formada por arcillas, areniscas arcillosas muy poco consolidadas y calizas limosas. En el Valle del Tuy, los sedimentos pliocenos de la formación Guatire están bien expuestos en la depresión de Guatire y están formados por conglomerados y areniscas mal consolidadas, arcilitas y arcillas limosas; su espesor es de unos 400 metros (1,310 pies). La formación Guatire descansa en discordancia angular sobre los metamórficos, en la depresión de su nombre; sobre la formación Tuy, en la depresión de Santa Lucía y debido a su carácter transgresivo, descansa sobre las metamórficas y las formaciones Cumaca y Aramina, en la ensenada inferior del Tuy. El ambiente deposicional es de aguas dulces a salobres; los fósiles son gasterópodos de agua dulce y foraminíferos redepositados del Mioceno.

Los sedimentos pleistocénicos y recientes están constituídos por arenas, arcillas, conglomerados y areniscas muy poco consolidados, que en el valle inferior del Tuy forman mesas tabulares, algunas hasta de 100 metros (328 pies) de espesor. En las islas y regiones costaneras generalmente forman terrazas.

Historia Geológica:

La Cuenca Tuy-Cariaco constituye una provincia geológica diferente a la de la cuenca Oriental de Venezuela, de la cual está separada por la Serranía del Interior y parcialmente por la Cordillera de la Costa. La región que ocupa actualmente la Cuenca Tuy-Cariaco formaba parte, durante el Cretáceo superior, de la cuenca eugeosinclinal que al final del Cretáceo se convirtió en una zona de gran inestabilidad, con fuertes períodos diastróficos, intenso volcanismo y metamorfismo regional de las rocas cretáceas. La historia geológica del este y noreste de Venezula, desde el comienzo del Cretáceo, probablemente estuvo regida por los movimientos de la tierra fronteriza de Paria contra el escudo de Guayana. Este concepto, sostenido por la mayoría de los investigadores, aplica un estilo tectónico tipo alpino para explicar el plegamiento en gran escala en la región, mediante compresión entre dos macizos: uno móvil o antepaís (borderland) y uno, más o menos rígido o traspaís (foreland). Recientemente algunos investigadores han aplicado la teoría del "tectógeno" para interpretar la sucesión de acontecimientos registrados en la región, tal como fué aplicada por Hess para demostrar la estructura del arco insular en la región del Caribe.

Los movimientos orogénicos laramidianos al final del Cretáceo, con su consecuente emergencia de tierra, están representados en Margarita por los grandes espesores de conglomerados del Eoceno inferior. La repetición de intervalos conglomeráticos a través del Eoceno indica una recurrencia de los movimientos orogénicos que culminaron al final del Eoceno y en los comienzos del Oligoceno (orogénesis Alpina). Si se exceptúa la faja eugeosinclinal, es evidente que el intervalo Cretáceo-Paleoceno no sufrió incidentes notables en el resto del país, de manera que las condiciones generales del Cretáceo superior continuaron a través del Paleoceno sin más que una marcada tendencia regresiva de los mares. Es posible que ya para esa época hubiese emergido una parte de la Cordillera de la Costa, formando una barrera periódica entre la sedimentación continental y la costanera. La retirada de los mares fué acompañada probablemente por fallamiento y levantamiento de las regiones plataformales y aunque en el área de la faja eugeosinclinal la deformación y el corrimiento habían terminado al

final del Cretáceo, el volcanismo y la sedimentación continuaron en ella en pequeña escala durante el Paleoceno.

Los movimientos de la fase pirenaica del levantamiento Alpino, a fines del Eoceno y en los comienzos del Oligoceno, se caracterizaron por su violencia y gran desarrollo. En el oeste, las montañas andinas son levantadas, separando a la cuenca de Maracaibo de la de Barinas-Apure. En el este, el levantamiento y plegamiento se hacen activos en la tierra fronteriza de Paria. El Eoceno en Margarita sufre un levantamiento considerable; parece probable que entre Margarita, Coche y la Península de Araya se formara en esos tiempos una tierra alta, al oeste de la cual se originó la cuenca miogeosinclinal Tuy-Cariaco.

En la parte nororiental de la Cuenca Tuy-Cariaco, en la región de Cubagua, se depositaron durante el Oligoceno sedimentos terrestres representados por arcillas moteadas, con facies arenáceas locales. Durante el Mioceno medio se registró en la Cuenca de Cariaco una transgresión que permitió la deposición de sedimentos de aguas llanas de la formación Cubagua-Manicuare que aflora en las Islas de Margarita y Cubagua y en la Península de Araya. En la isla de Cubagua la transgresión está definida por la presencia de una sección conglomerática en la base de la formación Cubagua, y en la Isla de Margarita por la discordancia angular entre los sedimentos del Eoceno y Mioceno. En la ensenada inferior del Tuy, la formación Aramina representa esta fase transgresiva del Mioceno medio. La semejanza de las asociaciones faunales y litológicas, en la cuenca Tuy-Cariaco, con las de las cuencas de Falcón y Trinidad durante el Mioceno, sugieren la probable existencia de una cuenca alargada que se extendía desde Maracaibo y Falcón hasta Cubagua y Trinidad, o que se trataba simplemente de cuencas individuales esparcidas en la región ahora cubierta en su mayor parte por el Mar Caribe.

Al final del Mioceno y comienzos del Plioceno, Venezuela sufrió un violento y corto período orogénico (revolución Antillana), considerada como la orogénesis más violenta del Caribe desde el Paleozoico. Los sedimentos del Plioceno en el área de Cubagua, están representados por la formación Araya. El carácter de estos sedimentos sugiere que la región estuvo cubierta durante este período por un mar poco profundo. En la isla de Cubagua la capa de grava cuarzosa expuesta en la base del Plioceno, en la localidad Las Calderas, probable-

mente representa la discordancia Mioceno-Plioceno, pero con excepción de esta localidad los contactos parecen transicionales.

En la ensenada del Tuy, al final del Mioceno medio, se efectuó una regresión general de los mares hacia el noreste y aunque la sedimentación de la parte central del bajo Tuy continuó siendo marina, en el alto Tuy predominó el ambiente intermitente de aguas salobres a dulces. En las partes bajas del Tuy, siguiendo la retirada del mar hacia el noreste, se observan formaciones de aguas dulces, transgresivas sobre todos los sedimentos anteriores. La presencia de terrazas marinas y fluviales de edad Cuaternario indica que los movimientos epirogénicos continúan en el presente.

Tectónica:

Aunque la historia tectónica de la Cuenca Tuy-Cariaco no comienza sino a partir de la orogénesis Alpina, que es cuando esta cuenca se formó y cuando las rocas recién emergidas empezaron a ser áreas positivas, es conveniente hacer un bosquejo tectónico de las cordilleras que la circundan.

Las estructuras post-metamórficas de la Cordillera de la Costa se caracterizan por pliegues amplios, cuyos ejes tienen dirección aproximada norte 60° a 70° este, y por tres tipos de fallas: fallas inversas con buzamientos hacia el sur; fallas normales con rumbos generalizados N 60° O y buzamiento al sur-oeste y fallas normales con rumbo este-oeste y buzamiento al norte; estos dos últimos tipos van acompañados por movimientos horizontales de mucha importancia. En la parte norte de Venezuela existen dos hileras de serpentinas: una se extiende desde la Isla de Margarita, en dirección oeste, a lo largo de la Cordillera de la Costa y la otra está situada al sur, en la Serranía del Interior. De esto se deduce que el eje geotectoclinal debe seguir una línea que se extiende desde Higuerote hasta Barquisimeto.

En la Cordillera de la Costa, después del metamorfismo, se produjeron corrimientos frontales hacia los bordes del geotectoclinal. La deformación subsecuente está caracterizada por fallas inversas, seguidas por un fallamiento normal y transcurrente. Este fallamiento normal estuvo acompañado por pliegues y por un levantamiento regional que comenzó en el Eoceno superior y culminó en el Plioceno. Los movimientos epirogénicos en los tiempos pleistocénicos y cuaternarios han sido de gran importancia.

La Serranía del Interior, que separa a la cuenca Tuy-Cariaco de los Estados Aragua y Miranda, es fundamentalmente un anticlinorium con rumbo aproximado de N 80° E y presenta un extenso plegamiento asimétrico hacia el sur a menudo volcado y corrido en esa dirección; los corrimientos son de ángulos altos. Si se consideran los pliegues individualmente se observa que sus ejes son oblícuos a la dirección general del anticlinorium, lo que se considera el resultado de la superposición de la orogénesis más joven a los esfuerzos alpinos más viejos. Algunos autores, como Bucher, consideran que la oblicuidad de los ejes individuales con respecto al rumbo general de la Cordillera se debe, en parte, a que la región norte que hoy día forma parte de la cuenca del Caribe, se movió diferencialmente hacia el este, a lo largo de una falla que podría ser una continuación de la falla de Oca, ya tratada al hablar de la cuenca Zulia-Falcón. Este esfuerzo rotacional produjo la faja de pliegues "en echelón" y fracturas de tensión perpendiculares a los ejes de los mismos que se observan a lo largo de la costa norte venezolana.

En la Península de Araya-Paria, las rocas están volcadas y falladas hacia el sur; existe un paralelismo entre la foliación y la estratificación de esta zona y la de las islas de Margarita y Tobago y la Cordillera de la Costa.

La cuenca del Tuy se formó posiblemente a fines del Eoceno como un pliegue sinclinal entre la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior. Aunque actualmente las cuencas del Alto y Bajo Tuy se presentan separadas, éstas estuvieron conectadas largo tiempo y es debido al levantamiento durante el Plioceno y a la consecuente erosión que hoy día aparecen separadas por una cuña de rocas metamórficas. Los sedimentos situados en la parte alta del Tuy, en la pequeña depresión de Santa Lucía, buzan de 10° a 40° en dirección a la cuenca, pero en las partes bajas del Tuy los sedimentos terciarios buzan regionalmente de 10° a 15° hacia el sureste; esta variación en la dirección del buzamiento se debe al levantamiento ocurrido durante el Plioceno. Fallas de pequeños desplazamientos parecen guardar relación con este levantamiento.

Las rocas metamórficas de Margarita están caracterizadas por un buzamiento regional noreste y un fuerte buzamiento sureste que indica que la serie esquistosa forma un pliegue isoclinal, volcado hacia el noreste. Los sedimentos del Eoceno, situados al sur y al este de

Fig. 25. Sección Geológica generalizada Este-Oeste de la Cuenca Tuy-Cariaco.

las rocas metamórficas, presentan rumbos más o menos paralelos a los metamórficos. La estructura general del Eoceno es esencialmente la de un sinclinal: en la sección de Punta Carnero y en la parte norte de Punta Ballena los sedimentos buzan al sur, mientras que en las secciones eocenas de Punta Moreno, Punta Mosquito y parte sur de Punta Ballena buzan hacia el norte. Los sedimentos miocenos, por el contrario, exhiben un buzamiento moderado al sur y suroeste. Es decir que en Margarita, las estructuras pre-oligocenas no se reflejan en las estructuras del Terciario superior.

En la isla de Cubagua, la estructura dominante es la de un anticlinal, cuyos flancos son de muy poca pendiente (de 2 a 6 grados) cortado en su flanco norte por una falla que atraviesa a la isla en dirección noroeste-sureste.

Posibilidades Petrolíferas:

Hasta el presente, la cuenca de Cariaco, no ha producido petróleo en escala comercial. En Punta Brea, isla de Cubagua, se ha obtenido mediante excavaciones, petróleo con una gravedad de 15.8° API y con alto contenido de azufre. Se han observado menes (manaderos de petróleo) en Manigual (Golfo de Cariaco) y en Boca Chica, Isla de Margarita. Debido a estas manifestaciones y a las favorables condiciones litológicas y estructurales de la región, a fines del año 1941, se perforaron dos pozos exploratorios en la Isla de Cubagua, los cuales resultaron secos. Estas dos fracasadas intentonas hicieron suspender la perforación en la región, pero no condenan de manera alguna las posibilidades petrolíferas de la cuenca.

CAMPOS PETROLÍFEROS DE VENEZUELA

Los campos petrolíferos en Venezuela se encuentran distribuídos en tres cuencas principales: Cuenca Maracaibo-Falcón, Cuenca Oriental de Venezuela y Cuenca Barinas-Apure. La mayor parte de la producción de petróleo proviene de la Cuenca Maracaibo-Falcón que contiene el importante Campo Costanero de Bolívar y los campos de producción Mioceno Cretáceo, al oeste del Lago de Maracaibo. En el presente trabajo se describen los siguientes campos de esta cuenca: La Paz-Mara, Boscán, Tarra y Los Manueles, Mene Grande, Campos Costaneros de Bolívar, Mauroa y Cumarebo. (Figura 26).


MAR CARIBE
GOLFO DE VENEZUELA
FALCON
LARA
YARACUY
CARABOBO
ARAGUA
COJEDES
PORTUGUESA
TRUJILLO
BARINAS
APURE
MERIDA
TACHIRA
GUARICO
LAGO DE MARACAIBO
ZULIA
COLOMBIA
CARACAS
LOS TEQUES
MARACAY
SAN JUAN DE LOS MORROS
VALENCIA
SAN CARLOS
SAN FELIPE
BARQUISIMETO
GUANARE
TRUJILLO
BARINAS
MERIDA
SAN CRISTOBAL
CUCUTA
SAN FDO DE APURE
MARACAIBO
SILVAN
SAN SILVESTRE
SINCO
LOS MANUELES
TARRA
WEST TARRA
RIO DE ORO
ALTURITAS
MACOA
SAN JOSE
TOTUMO
ALBARICOS
BOSCAN
LA CONCEPCION
LA PAZ
NETICK
MARA
AMANA
LAS PALMAS
TIGUAJE
MONTE CLARO
HOMBRE PINTADO
MENE DE MAUROA
QUIROZ
AMBROSIO
LA ROSA
TIA JUANA
LAGUNILLAS
PUEBLO VIEJO
BACHAQUERO
MISOA
LOS BARROSOS
MENE GRANDE
MOTATAN
ABUNDANCIA
MENE DE ACOSTA
MAPA INDICE
VENEZUELA OCCIDENTAL
CAMPOS PETROLEROS
CIUDADES PRINCIPALES
0 20 40 60 80 100
KMS
NOTA: EL LIMITE DE LOS CAMPOS ES APROXIMADO

Figura 26

La Cuenca Oriental de Venezuela comprende numerosos campos, entre los cuales se describen los de las áreas de Guárico, Anaco, Oficina, Temblador, Jusepín y los de Quiriquire y Pedernales. La producción en esta cuenca proviene de sedimentos que varían en edad desde el Mioceno hasta el Cretáceo. (Figura 27).

CAMPOS DE LA PAZ-MARA

Los campos de La Paz-Mara están situados aproximadamente a 45 kilómetros al oeste de la ciudad de Maracaibo, en una alineación estructural de 53 kilómetros de largo.

El campo de La Paz, descubierto en 1922, fué el primer campo petrolero de importancia en la parte noroeste del Estado Zulia. Su descubrimiento fué el fruto de investigaciones de geología de superficie en un área donde existen importantes manaderos de petróleo. Un pozo exploratorio perforado en el año de 1944, en busca de yacimientos más profundos en el campo. penetró las calizas cretáceas, resultando en el hallazgo de un yacimiento más importante, cuyos pozos producen a ratas más altas que los perforados anteriormente. El campo Mara fué descubierto en 1945. En el año 1953 se logró obtener producción de los granitos fracturados del basamento en los campos de La Paz y Mara.

Los sedimentos más antiguos en esta área pertenecen a la formación Río Negro, del Cretáceo inferior, representada por una sección delgada —15 metros (50 pies)— de arenisca de grano grueso, de colores variados, que yace discordantemente sobre el basamento. el cual en algunos lugares está constituído por granitos y en otros por esquistos.

La formación Apón —198 metros (650 pies)— (parte inferior del grupo Cogollo) yace concordantemente sobre la formación Río Negro y se compone de capas gruesas de caliza gris, dura, interestratificada con lutitas calcáreas negras.

La formación Capacho (parte superior del grupo Cogollo) está inmediatamente encima de la formación Apón y está representada por una sección de 183 metros (600 pies) de espesor, de calizas de ostras, calizas oolíticas y calizas litográficas interestratificadas con lechos delgados de lutita dura.


LOS ROQUES
LA ORCHILA
LOS HERMANOS
MAR CARIBE
LA ASUNCION
CUMANA
SUCRE
PTO LA CRUZ
BARCELONA
LOS TEQUES
MIRANDA
REGION DE PEDERNALES
GUANOCO
CARIPITO
QUIRIQUIRE
GUANIPA
PEDERNALES
MANRESA
ARAGUA
COROCUAL
JUSEPIN
MATURIN
MURI
MULATA
STA BARBARA
W TRAVIESO
TACAT
REGION DE JUSEPIN
MONAGAS
DELTA AMACURO
QUIAMARE
CERRO PELADO
LA VIEJA
LA CEIBA
TRAVIESO
CAPACHO
REGION DE ANACO
CASCA
EL ROBLE
STA ROSA
CASON
REGION DE GUARICO
TUCUPIDO
TAMAN
LAS MERCEDES
MONAL
SABAN
PUNZON
PALACIO
BELLA VISTA
RETUMBO
STA ANA-RINCON
SAN ROQUE
GUARIO
SAN JOAQUIN
LA CEIBITA
ROBLOTE
MAPIRI
MANOMAL
LAS OLLAS
CHAPARRO
APAMATE
SOTO
MATA
CHIMIRE
OSCUROTE
ORITU
ORITUPANO
PELAYO
BOCAS
CAICO
LEONA
JUNTA
LOBO
DACION
OFICINA
TRICO
SOCORORO
CACHICAMO
TOPALES
OVEJA
MEREY
LOS CARITOS
TUCUPITA
TEMBLADOR
URACOA
PILON
E PILON
REGION DE TEMBLADOR
GUARICO
REGION DE OFICINA
ANZOATEGUI
Rio Orinoco
PUERTO ORDAZ
CIUDAD BOLIVAR
BOLIVAR
CERRO BOLIVAR
MAPA INDICE
VENEZUELA ORIENTAL
CAMPOS PETROLEROS
CIUDADES PRINCIPALES
0 20 40 60 80 100
KMS
NOTA EL LIMITE DE LOS CAMPOS ES APROXIMADO

Figura 27

La formación La Luna —107 metros (350 pies)—, que yace concordantemente sobre la formación Capacho, está compuesta de caliza negra, carbonácea, y dura, interestratificada con algunas lutitas calcáreas.

Encima de la formación La Luna y en contacto concordante se encuentran 30 metros de calizas del miembro Socuy de la formación Colón. La Caliza Socuy marca el tope de lo que generalmente se conoce con el nombre de "sección de caliza del Cretáceo". La sección de caliza cretácea es productora de petróleo en los campos de La Paz y Mara.

El miembro de "lutita de Colón", de la formación del mismo nombre —124 metros (800 pies)—, que yace encima de la caliza Socuy, y la formación Mito Juan —107 metros (350 pies)—, la más joven del Cretáceo, son secciones compuestas casi exclusivamente de lutita.

La formación Guasare del Paleoceno, de unos 335 metros (1,100 pies) de espesor, es concordante sobre la formación Mito Juan y está compuesta en su parte superior por lutitas interestratificadas, carbones, calizas arenáceas, areniscas cuarcíticas y calcáreas de grano fino y por lutitas en su parte inferior. La formación Guasare es productora en La Paz y en la parte suroeste del campo Mara.

La formación Concepción del Eoceno —579 metros (1,900 pies)—, yace sobre la formación Guasare y está compuesta por lutitas gris oscuro interestratificadas con lutitas arenosas, areniscas grises y algunos lechos de carbón. En el campo Mara esta formación es acuífera, pero en el campo La Paz su parte inferior es petrolífera.

Las capas más jóvenes que afloran en la superficie del área de La Paz y Mara son de edad post-Eoceno y están compuestas por lutitas blandas y areniscas interestratificadas, cuyo espesor varía de 0 a 1,744 metros (0 a 5,722 pies).

Los campos La Paz y Mara están situados en un levantamiento estructural asimétrico con rumbo noreste y están separados por una silla tectónica. La cresta de la estructura de La Paz está muy fallada y contiene numerosos manaderos de petróleo. La misma zona de fallas también sigue el eje de la estructura de Mara. En los flancos de la estructura de La Paz se encuentran algunas fallas transversales. En el lado este del campo Mara, existe una falla normal de importancia.

En La Paz la producción más superficial se obtiene de areniscas y calizas del Eoceno y Paleoceno, que se presentan en lechos delgados

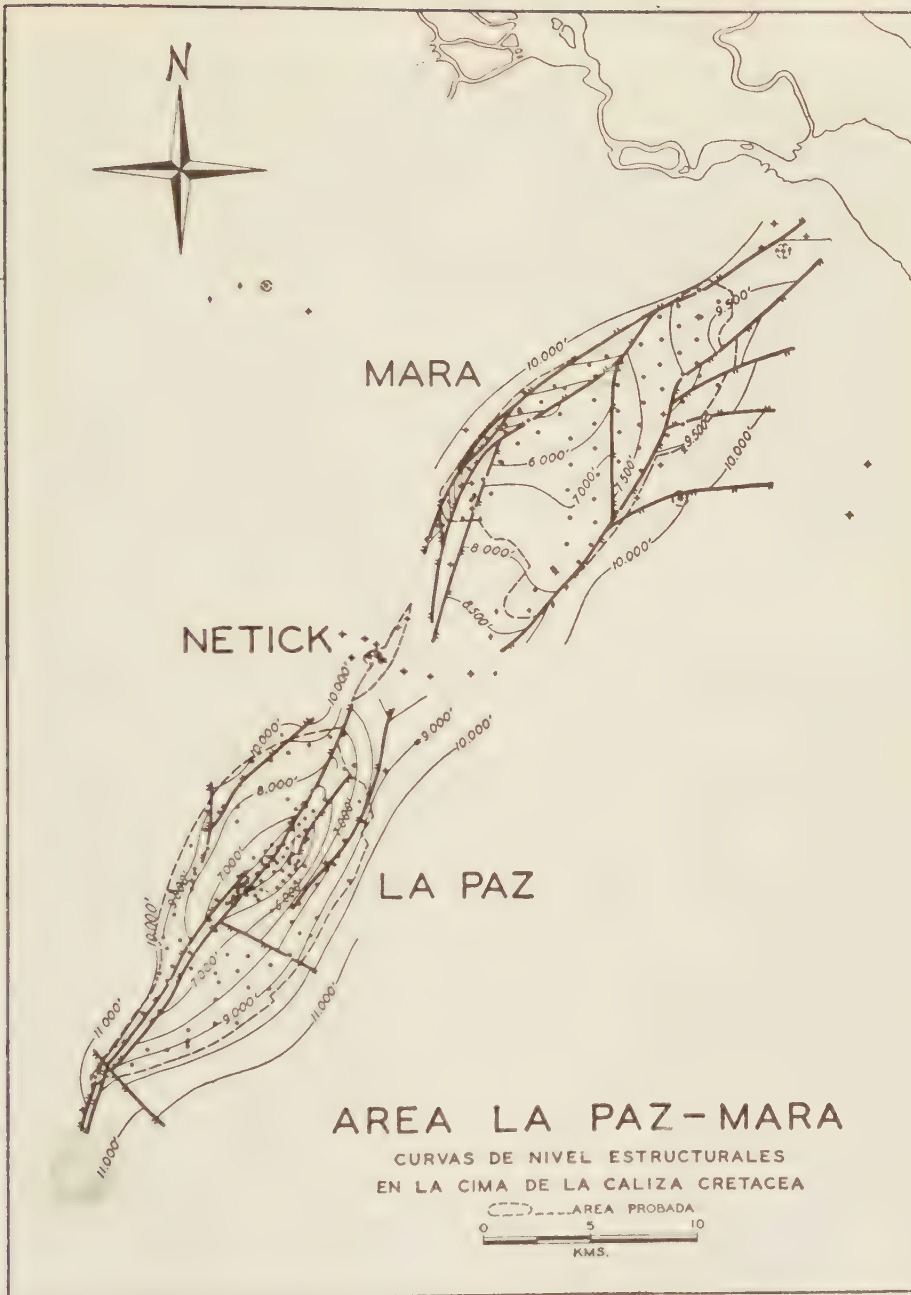

N
MARA
NETICK
LA PAZ
AREA LA PAZ-MARA
CURVAS DE NIVEL ESTRUCTURALES
EN LA CIMA DE LA CALIZA CRETACEA
AREA PROBADA
0 5 10
KMS.

Figura 28

asociados con lutitas arenosas. La producción profunda viene de las calizas de Socuy, La Luna, Capacho y Apón y del Basamento. La porosidad primaria en estos sedimentos, así como en las rocas del basamento, se cree que sólo juega un papel secundario en la acumulación

Los yacimientos en el Eoceno y en la formación Guasare están constituídos por areniscas de una porosidad promedia de 26 y 22 por ciento, respectivamente. La permeabilidad es generalmente buena con valores que alcanzan hasta 500 milidarcis. La densidad del petróleo varía de 12.9° API a 29.3°. Los crudos más livianos se encuentran generalmente en la formación Guasare. Los yacimientos en el basamento y en las calizas cretáceas son del tipo de fracturas; cada vez que se encuentra un buen sistema de fracturas se obtienen excelentes pozos productores de petróleo. La densidad del petróleo del Cretáceo y del Basamento varía de 29.5° a 33.6° API. (Figuras 28, 29 y 30.)

CAMPO BOSCAN

El campo Boscán está situado 40 kilómetros al suroeste de la ciudad de Maracaibo, en el Estado Zulia. Fué descubierto en septiembre de 1946.

Los sedimentos más antiguos de importancia comercial en este campo son los de la formación Concepción Superior (Las Flores) del Eoceno superior, la cual consiste en areniscas y lutitas interestratificadas, de color gris oscuro y carbonáceas. En la parte superior hay dos zonas de areniscas depositadas en playas y barras litorales que son productoras de petróleo pesado. El espesor de esta formación es de 213 metros (700 pies).

La formación Icotea del Oligoceno, con un espesor promedio de 259 metros (850 pies) yace sobre la formación Concepción Superior (Las Flores). La parte inferior de Icotea contiene areniscas, a veces bien desarrolladas, interestratificadas con arcilitas arenosas gris claro. Las areniscas permeables son productoras de petróleo. La parte media de Icotea, la cual consiste principalmente en arcilitas en la parte este del campo, contiene algunas areniscas delgadas que son localmente productoras. La parte superior de la formación Icotea está constituída por sedimentos terrestres oxidados y por algunas evaporitas.

La formación La Rosa (La compañía operadora de este campo incluye la formación Lagunillas en la formación La Rosa), es concor-

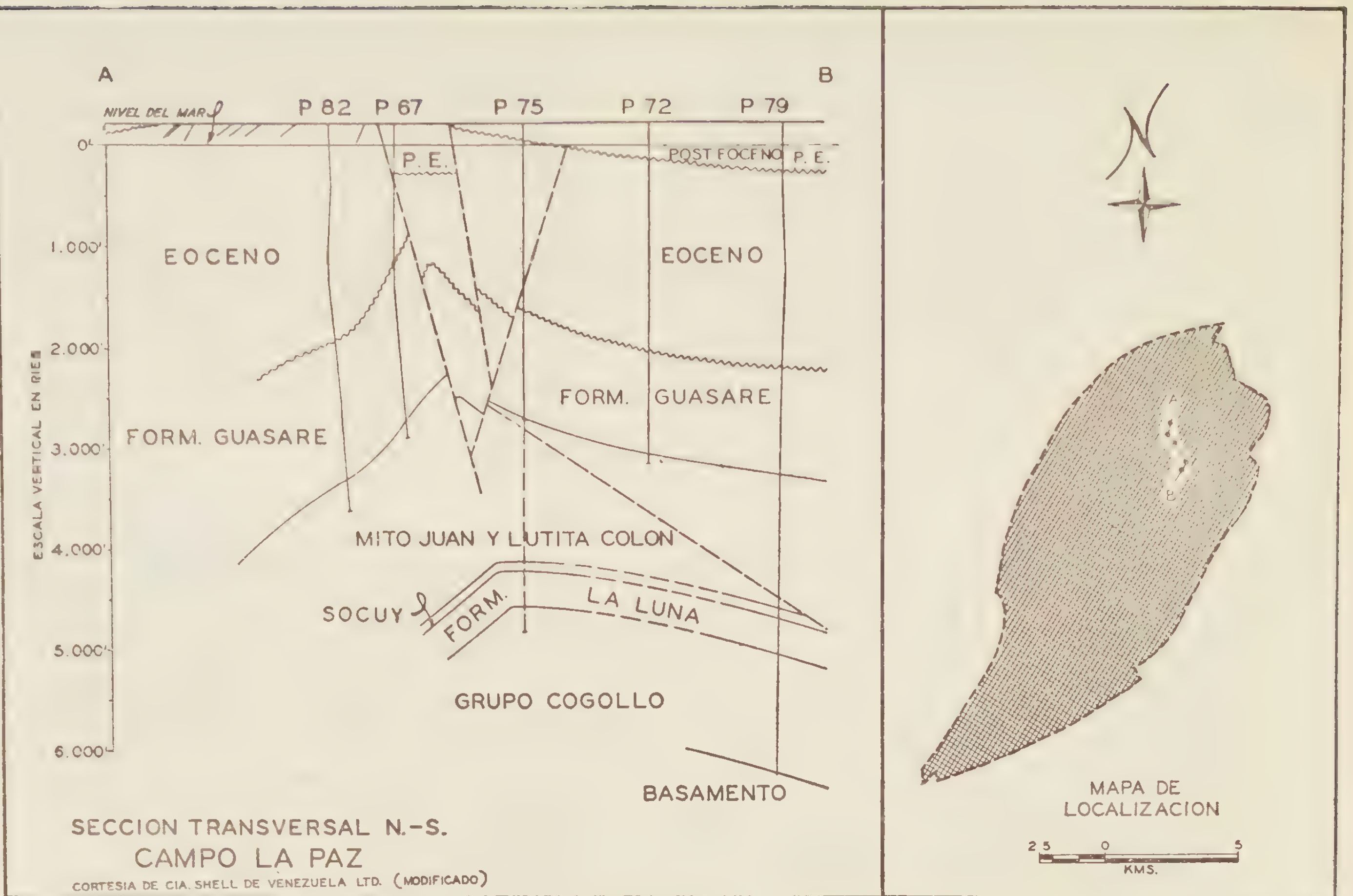

A
B
NIVEL DEL MAR
P 82
P 67
P 75
P 72
P 79
0'
1.000'
2.000'
3.000'
4.000'
5.000'
6.000'
ESCALA VERTICAL EN PIES
P. E.
POST EOCENO
P. E.
EOCENO
EOCENO
FORM. GUASARE
FORM. GUASARE
MITO JUAN Y LUTITA COLON
SOCUY
FORM.
LA LUNA
GRUPO COGOLLO
BASAMENTO
SECCION TRANSVERSAL N.-S.
CAMPO LA PAZ
CORTESIA DE CIA. SHELL DE VENEZUELA LTD. (MODIFICADO)
MAPA DE
LOCALIZACION
2.5
0
5
KMS.

Figura 29

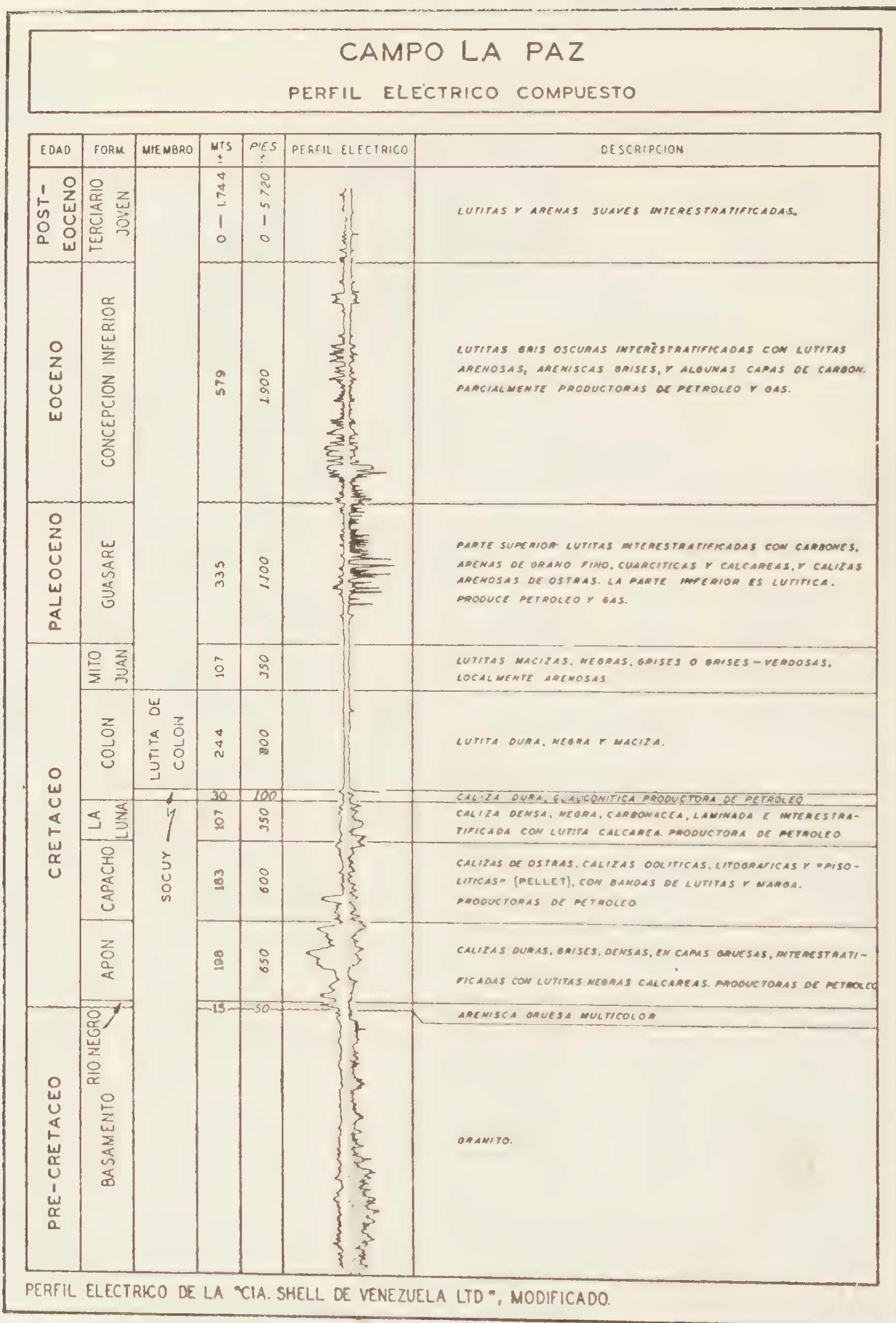

CAMPO LA PAZ
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
EDAD
FORM.
MIEMBRO
MTS ±
PIES ±
PERFIL ELECTRICO
DESCRIPCION
POST-EOCENO
TERCIARIO JOVEN
0 — 1.744
0 — 5 720
LUTITAS Y ARENAS SUAVES INTERESTRATIFICADAS.
EOCENO
CONCEPCION INFERIOR
579
1.900
LUTITAS GRIS OSCURAS INTERESTRATIFICADAS CON LUTITAS ARENOSAS, ARENISCAS GRISES, Y ALGUNAS CAPAS DE CARBON. PARCIALMENTE PRODUCTORAS DE PETROLEO Y GAS.
PALEOCENO
GUASARE
335
1.100
PARTE SUPERIOR: LUTITAS INTERESTRATIFICADAS CON CARBONES, ARENAS DE GRANO FINO, CUARCITICAS Y CALCAREAS, Y CALIZAS ARENOSAS DE OSTRAS. LA PARTE INFERIOR ES LUTITICA. PRODUCE PETROLEO Y GAS.
CRETACEO
MITO JUAN
107
350
LUTITAS MACIZAS, NEGRAS, GRISES O GRISES-VERDOSAS, LOCALMENTE ARENOSAS
COLON
LUTITA DE COLON
244
800
LUTITA DURA, NEGRA Y MACIZA.
30
100
CALIZA DURA, GLAUCONITICA PRODUCTORA DE PETROLEO
LA LUNA
SOCUY
107
350
CALIZA DENSA, NEGRA, CARBONACEA, LAMINADA E INTERESTRATIFICADA CON LUTITA CALCAREA. PRODUCTORA DE PETROLEO.
CAPACHO
183
600
CALIZAS DE OSTRAS, CALIZAS OOLITICAS, LITOGRAFICAS Y "PISOLITICAS" (PELLET), CON BANDAS DE LUTITAS Y MARGA. PRODUCTORAS DE PETROLEO
APON
198
650
CALIZAS DURAS, GRISES, DENSAS, EN CAPAS GRUESAS, INTERESTRATIFICADAS CON LUTITAS NEGRAS CALCAREAS. PRODUCTORAS DE PETROLEO
RIO NEGRO
15
50
ARENISCA GRUESA MULTICOLOR
PRE-CRETACEO
BASAMENTO
GRANITO.
PERFIL ELECTRICO DE LA "CIA. SHELL DE VENEZUELA LTD", MODIFICADO.

Figura 30

dante con la formación Icotea y consiste en lutitas con fósiles de aguas salobres y en algunas areniscas limolíticas. Su sección más joven, de edad Mioceno, consiste en arcilitas de varios colores, areniscas arcillosas, limolitas, algunos lignitos y ferrolitas. El espesor de la formación es de 869 metros (2.850 pies). Hacia arriba, la formación La Rosa pasa gradualmente a la formación La Villa, la cual se compone de arenas, gravas y arcillas.

Estructuralmente, el campo de Boscán está en un homoclinal de extensión regional, que buza 3 a 8 grados hacia el suroeste, el cual está cortado por la falla de Boscán, de rumbo norte-noreste y de desplazamiento considerable. Esta falla delimita la acumulación de petróleo hacia el este. Existen fallas menores en algunas secciones del área productora. Hay tres zonas de areniscas productoras. El espesor máximo de arenisca petrolífera neta es de 122 metros (400 pies) en la parte noreste del campo, y de 23 metros (75 pies) en su borde suroeste donde se desarrolla la perforación actualmente. El promedio de porosidad efectiva es del 26 por ciento. (Figuras 31, 32 y 33).

CAMPOS DE TARRA Y LOS MANUELES

Los campos de Tarra y Los Manueles se encuentran aproximadamente a 230 kilómetros al suroeste de la ciudad de Maracaibo y a 100 kilómetros al oeste del extremo sur del Lago de Maracaibo. El pozo que descubrió el campo fué el T-1, el cual fué terminado el 16 de julio de 1927.

La sección estratigráfica en este campo está compuesta por rocas del Cretáceo, Paleoceno y Eoceno. La sección más profunda penetrada por los pozos en el área de Tarra y Los Manueles, corresponde a las calizas y areniscas cretáceas de la formación La Luna y del grupo Cogollo.

Encima de la formación La Luna yacen concordantemente las lutitas cretáceas de las formaciones Colón y Mito Juan y las lutitas paleocenas de la formación Catatumbo (Grupo Orocué). Las areniscas lenticulares y lutitas de la formación Barco (Grupo Orocué) del Paleoceno yacen concordantemente sobre la formación Catatumbo, encima de la cual se encuentran las areniscas y lutitas eocenas de las formaciones Los Cuervos, Mirador y Carbonera.

Los campos de Los Manueles y Tarra están situados en el anticlinal de Tarra. Esta prominente estructura tiene declive hacia el norte desde la frontera con Colombia y se reconoce en la superficie por una extensión de 75 kilómetros. La formación Mito Juan del Cretáceo, es la formación más antigua que aflora en el anticlinal, al norte de la frontera colombo-venezolana. Hay por lo menos tres inversiones locales en el declive, las cuales han dado como resultado la formación de los campos de Petrólea (Colombia), Tarra y Los Manueles. En los dos

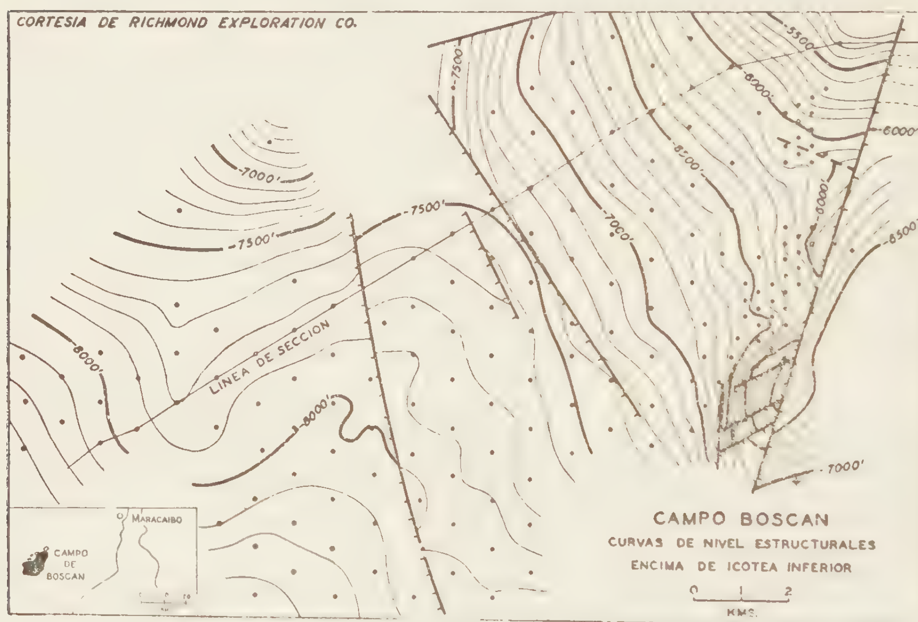


Figura 31

campos venezolanos la estructura está complicada por corrimientos que han empujado el flanco oeste de la estructura sobre el flanco este. El campo de Tarra, tiene un cierre estructural de 38 metros (125 pies) y está situado encima del corrimiento en un levantamiento tipo domo de poco relieve. En el flanco oeste el buzamiento es pronunciado y está asociado con el aumento de la inclinación del plano de falla en profundidad, mientras que en el flanco este el buzamiento es suave. El campo Los Manueles está situado en la culminación axial del anticlinal de Tarra, alrededor de 15 kilómetros al norte del domo de Tarra (3

kilómetros de largo y 1 kilómetro de ancho). El cierre de este domo fallado es de 91 metros (300 pies).

La acumulación de petróleo en los campos de Tarra y Los Manueles está controlada por la estructura. La principal zona productora en el campo Tarra es la sección de areniscas de la formación Barco, las cuales son lenticulares, de un espesor promedio de 18 metros, (60

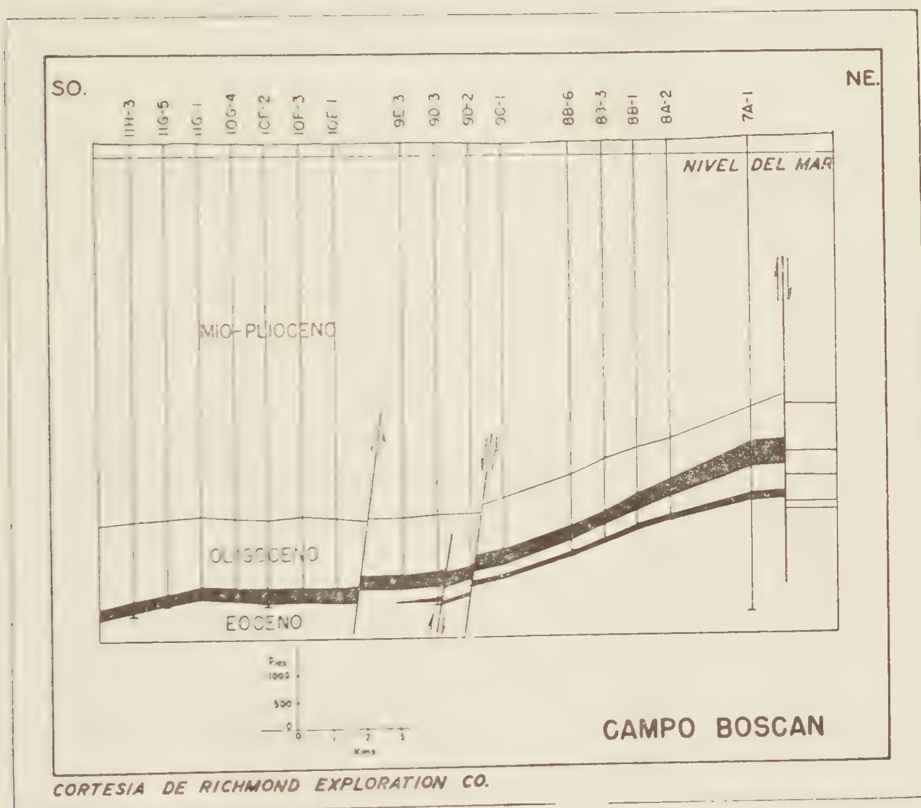


Figura 32

pies), una porosidad que varía de 8 a 20 por ciento y una permeabilidad generalmente baja. El mecanismo productor es principalmente por empuje de gas disuelto y la densidad del petróleo fluctúa entre 24.3° y 34.8° API. Las formaciones Mirador y Carbonera también son productoras en Tarra; sus areniscas producen petróleo cuya densidad varía de 18° a 32.5°, y de 25.7° a 31.1° API, respectivamente.

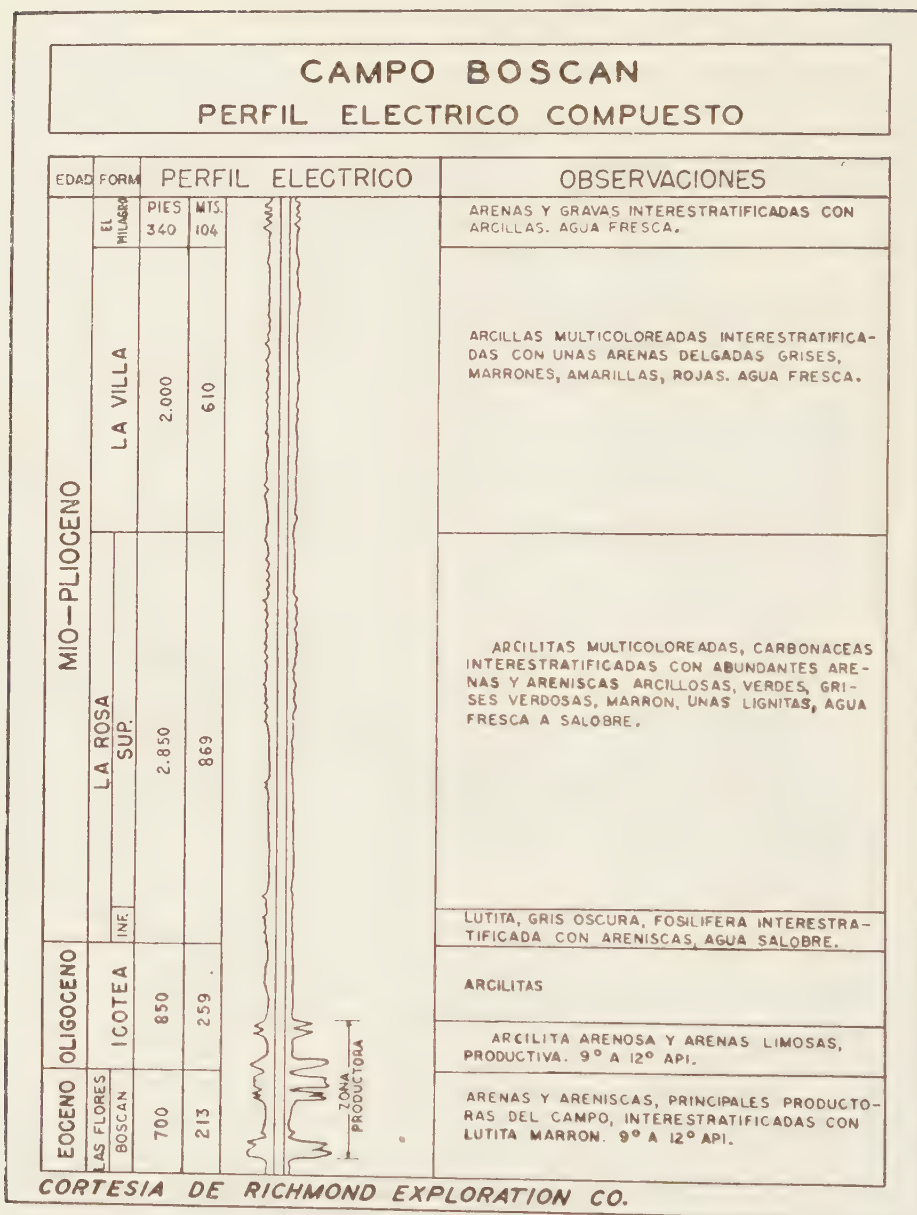

CAMPO BOSCAN
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
EDAD
FORM
PERFIL ELECTRICO
OBSERVACIONES
PIES
MTS.
EL MILAGRO
340
104
ARENAS Y GRAVAS INTERESTRATIFICADAS CON ARCILLAS. AGUA FRESCA.
MIO–PLIOCENO
LA VILLA
2.000
610
ARCILLAS MULTICOLOREADAS INTERESTRATIFICADAS CON UNAS ARENAS DELGADAS GRISES, MARRONES, AMARILLAS, ROJAS. AGUA FRESCA.
LA ROSA
SUP.
2.850
869
ARCILITAS MULTICOLOREADAS, CARBONACEAS INTERESTRATIFICADAS CON ABUNDANTES ARENAS Y ARENISCAS ARCILLOSAS, VERDES, GRISES VERDOSAS, MARRON, UNAS LIGNITAS, AGUA FRESCA A SALOBRE.
INF.
LUTITA, GRIS OSCURA, FOSILIFERA INTERESTRATIFICADA CON ARENISCAS, AGUA SALOBRE.
OLIGOCENO
ICOTEA
850
259
ARCILITAS
ARCILITA ARENOSA Y ARENAS LIMOSAS, PRODUCTIVA. 9° A 12° API.
ZONA PRODUCTORA
EOCENO
LAS FLORES
BOSCAN
700
213
ARENAS Y ARENISCAS, PRINCIPALES PRODUCTORAS DEL CAMPO, INTERESTRATIFICADAS CON LUTITA MARRON. 9° A 12° API.
CORTESIA DE RICHMOND EXPLORATION CO.

Figura 33

La producción en estos yacimientos más jóvenes es por empuje de agua. En Los Manueles la formación Mirador del Eoceno es la principal unidad productora. La porosidad media de las areniscas de Mirador es de 18 por ciento y la permeabilidad promedio es de unos 600 milidarcis. El petróleo de esta formación varía en densidad de 27.5° a 32.5° API. Las areniscas de la parte inferior de la formación Carbonera también son productoras de petróleo de gravedad 38° API. Estas areniscas tienen una porosidad de 20% y una permeabilidad de hasta 250 milidarcis.

Las ratas de producción inicial de la formación Mirador en el campo de Los Manueles fueron altas, y pozos con producción inicial de hasta 4,000 barriles diarios se obtuvieron aún en las últimas etapas de la perforación de desarrollo. Sin embargo, la invasión del agua fué rápida y muchos pozos tuvieron una vida corta antes de que fuera necesario ponerlos a producir de otras areniscas. La relación promedia gas-petróleo ha sido de 750 pies cúbicos de gas por barril de petróleo.

Las ratas iniciales de producción de la formación Barco en el campo Tarra varían entre 500 y 800 barriles diarios con estrangulador de 1/2 pulgada, mientras que los pozos que producen de la formación Mirador en ese campo dan un promedio de alrededor de 600 barriles diarios con el mismo estrangulador.

La declinación inicial de la producción ha sido bastante rápida en toda el área. El promedio de la relación gas-petróleo en el campo de Tarra fué aproximadamente de 350 pies cúbicos por barril de petróleo. Los crudos tanto de Tarra como de Los Manueles se clasifican como de base mixta.

En los campos de Tarra y Los Manueles no quedan localizaciones por perforar. (Figuras 34 y 35).

CAMPO DE MENE GRANDE

El campo de Mene Grande está situado aproximadamente 120 kilómetros al sureste de la ciudad de Maracaibo y alrededor de 19 kilómetros tierra adentro al este de la costa del Lago de Maracaibo.

La presencia de grandes menes atrajo la atención hacia esa zona, siendo causa de que los estudios geológicos fueran iniciados prontamente en el área. La Caribbean Petroleum Co., una afiliada de la Shell, obtuvo concesiones y comenzó las operaciones de perforación

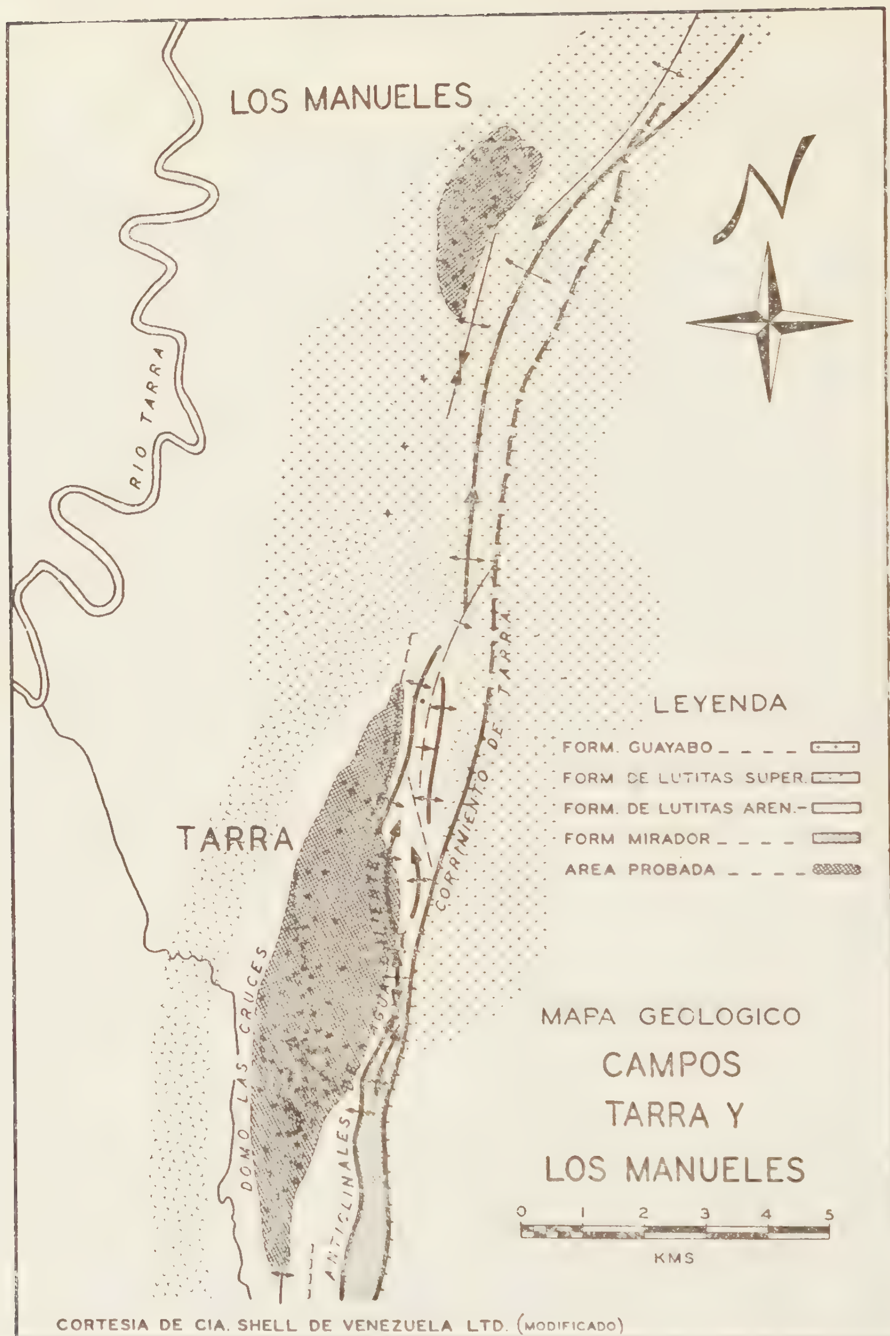

LOS MANUELES
RIO TARRA
TARRA
CORRIMIENTO DE TARRA
DOMO LAS CRUCES
ANTICLINALES DE AGUA CALIENTE
LEYENDA
FORM. GUAYABO
FORM DE LUTITAS SUPER.
FORM. DE LUTITAS AREN.
FORM MIRADOR
AREA PROBADA
MAPA GEOLOGICO
CAMPOS
TARRA Y
LOS MANUELES
0 1 2 3 4 5
KMS
CORTESIA DE CIA. SHELL DE VENEZUELA LTD. (MODIFICADO)

Figura 34

en enero de 1914 con un taladro a cable. El primer pozo perforado fué el MG-1 y resultó en el descubrimiento del campo el 15 de abril de 1914.

La formación más profunda penetrada en el campo de Mene Grande es la formación Misoa-Trujillo de edad Eoceno, la cual tiene un espesor de más de 426 metros (más de 1,400 pies), es concordante con las lutitas de Paují, suprayacentes, y está compuesta por areniscas

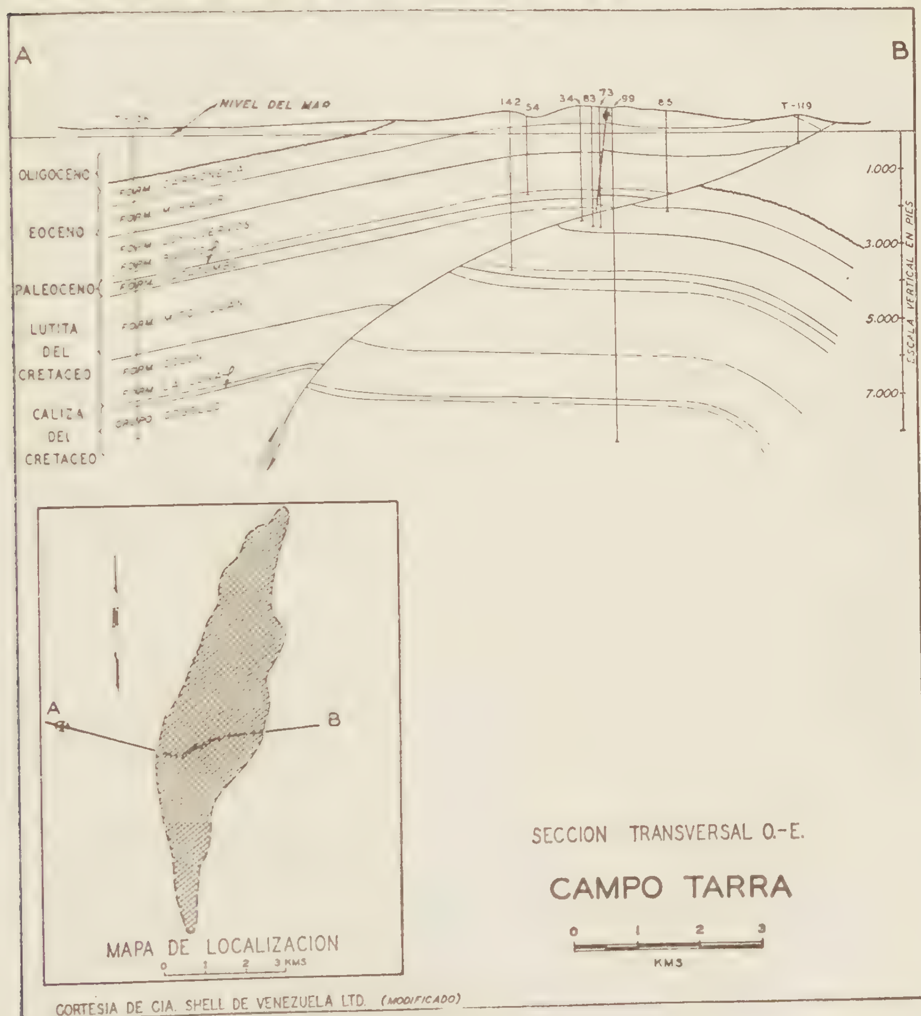


Figura 35

densas, cuarcíticas, fracturadas, interestratificadas con lutitas duras. En este campo la parte superior de la formación Misoa-Trujillo contiene horizontes productores importantes.

La parte superior del Eoceno en Mene Grande está representada por la formación Paují —881 metros (2,900 pies)—, la cual está constituída principalmente por lutitas, aunque es frecuente encontrar algunas areniscas petrolíferas en su parte media.

La parte superior de la sección de Mene Grande es llamada Terciario Joven —838 metros (2,700 pies)—, por la compañía que opera en la zona. La parte inferior del Terciario Joven está constituída por una sección de areniscas y lutitas interestratificadas, las cuales están mejor desarrolladas que en el miembro superior. Esta sección contiene los principales horizontes productores del campo de Mene Grande. La parte superior del Terciario Joven está compuesta por lutitas y por areniscas delgadas y poco consolidadas. En la base de esta sección se presentan acumulaciones no comerciales de asfalto por lo que es conocida como las "areniscas de asfalto". El Terciario Joven está separado del Eoceno por una discordancia prominente.

El campo de Mene Grande está situado en el extremo sur del anticlinal de Misoa que se caracteriza por su declive hacia el sur, por una gran falla en el flanco oeste y fallas menores en la cresta y en el flanco este. Igual que en el campo Costanero Bolívar, el fallamiento es mucho más complicado en el Eoceno que en el Mioceno, y esto aunado al plegamiento más intenso en las rocas más antiguas indica movimientos tectónicos pre-Miocenos.

Tres factores principales controlan la acumulación de petróleo en el campo de Mene Grande: 1) sellos de asfalto donde los horizontes productores se truncan en la superficie; 2) acumulación contra la falla principal en la parte occidental del campo; y 3) trampas en el Eoceno debidas a plegamiento y fallamiento y a variaciones litológicas laterales.

El espesor de las areniscas productoras en el Mioceno varía de 91 a 152 metros (300 a 500 pies) y la porosidad entre 27 a 31 por ciento; la densidad del petróleo fluctúa entre 14° y 22° API. En general, el petróleo es más pesado en la cresta de la estructura y en el flanco este que en el flanco oeste; peculiaridad esta debida al hecho de que todas las areniscas miocenas están expuestas en una franja de afloramientos cerca de la cresta y el flanco este del anti-

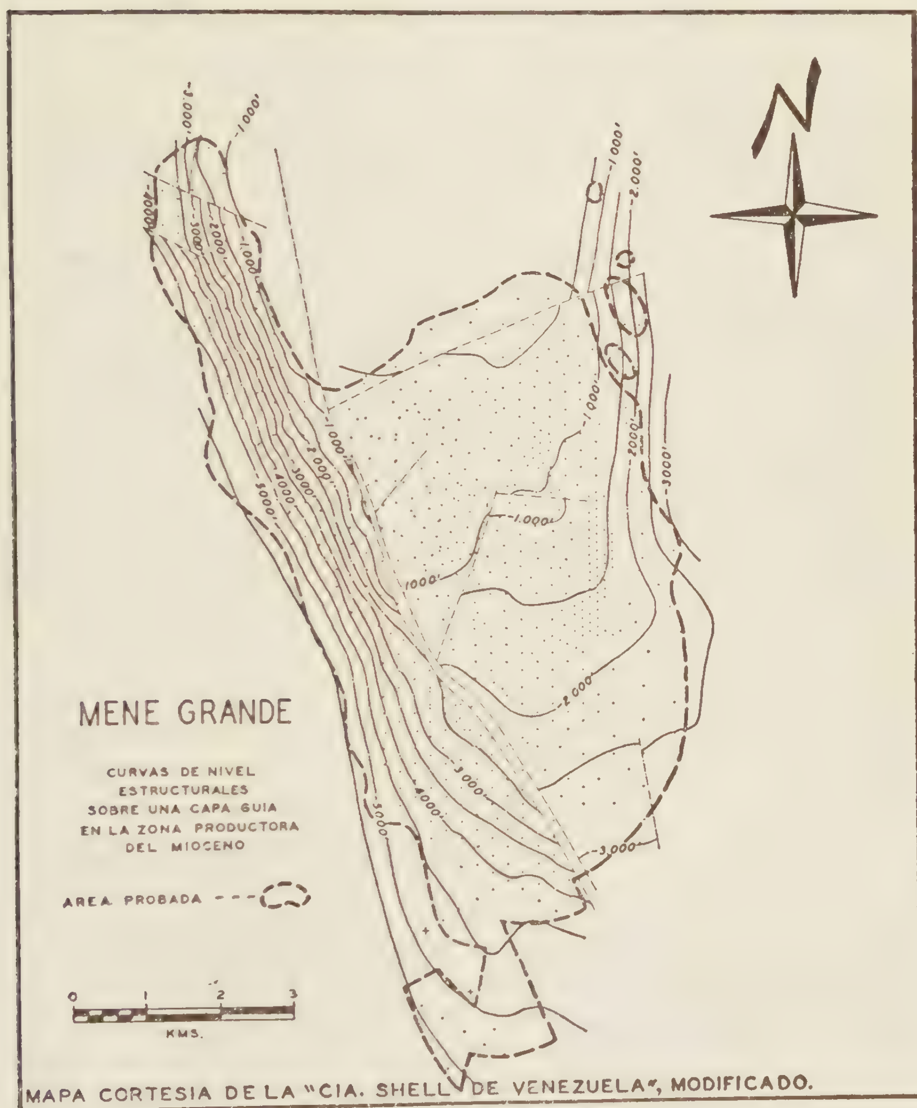

MENE GRANDE
CURVAS DE NIVEL
ESTRUCTURALES
SOBRE UNA CAPA GUIA
EN LA ZONA PRODUCTORA
DEL MIOCENO
AREA PROBADA
0
1
2
3
KMS.
MAPA CORTESIA DE LA "CIA. SHELL DE VENEZUELA", MODIFICADO.

Figura 36

clinal, mientras que la acumulación en el lado este está cortada por la zona principal de fallamiento. Los yacimientos del Eoceno son relativamente pequeños y están complicados por plegamiento y fallamiento. La densidad promedia del petróleo en el Eoceno es de 25.7° API. Las areniscas en la parte media de la formación Paují tienen un espesor de 18 a 21 metros (60 a 70 pies) mientras que la formación Misoa-Trujillo contiene hasta 152 metros (500 pies) de areniscas productoras. La porosidad y la permeabilidad en el Eoceno son bajas y se cree que la producción proviene principalmente de diaclasas y fracturas abiertas en estos sedimentos. La producción en el Mioceno al este de la falla principal parece ser del tipo de drenaje por gravedad, acompañada por un casquete de gas secundario que actualmente se está dilatando. En el flanco oeste, sin embargo, parece existir un empuje de agua bastante fuerte; lo mismo puede decirse de los yacimientos en la formación Misoa-Trujillo, mientras que las areniscas de la parte media de la formación Paují producen bajo el empuje de gas disuelto. La rata inicial promedia de producción para los pozos en el Mioceno, en el flanco oeste, es de 600 barriles diarios y la producción inicial de las areniscas de la parte media de la formación Paují y de la formación Misoa-Trujillo, varía de 250 a 1,500 barriles diarios. La declinación mensual del campo es de más o menos 2 por ciento.

Para propósitos de refinación, el crudo producido en Mene Grande se separa en dos tipos, pesado y liviano-mediano; ambos son de base asfáltica. (Figuras 36, 37 y 38).

CAMPO COSTANERO DE BOLÍVAR

El campo Costanero de Bolívar (BCF), está situado en el Distrito Bolívar del Estado Zulia y se extiende por una distancia de 72 kilómetros, desde Ambrosio a Bachaquero, a lo largo de la costa noreste del lago de Maracaibo. El ancho del campo varía considerablemente pero alcanza un máximo de 49 kilómetros. El pozo productor más alejado de la costa está a 29 kilómetros.

Manaderos activos de petróleo indicaron desde muy temprano la existencia probable de acumulación comercial de petróleo y condujeron a actividades de perforación que fueron iniciadas por la Shell

con el pozo Santa Bárbara No. 1 (ahora R-1) en 1913. El pozo Santa Bárbara No. 2 (ahora R-2), situado al sur de la población de Santa Rosa, encontró la primera producción comercial. Aunque la perforación de este pozo comenzó en 1913, no fué terminado sino hasta el año de 1917, como productor en la arenisca Santa Bárbara del Oligo-Mioceno. No fué sino hasta cinco años más tarde (1922) cuando el cuarto pozo de la Shell en esta región, el Barroso-2 (ahora B-4), sufrió

Figura 37

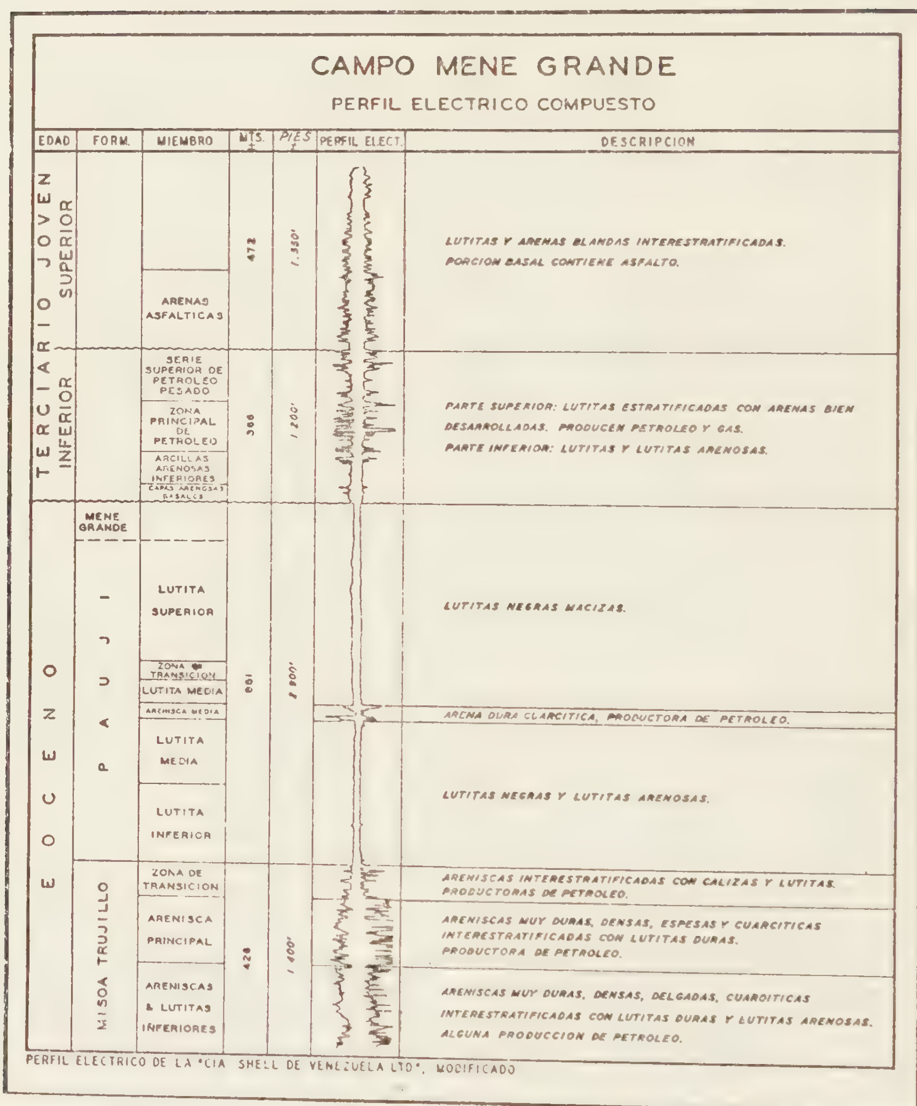

CAMPO MENE GRANDE
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
EDAD
FORM.
MIEMBRO
MTS.
PIES
PERFIL ELECT.
DESCRIPCION
TERCIARIO JOVEN
SUPERIOR
INFERIOR
ARENAS ASFALTICAS
1.350'
LUTITAS Y ARENAS BLANDAS INTERESTRATIFICADAS.
PORCION BASAL CONTIENE ASFALTO.
SERIE SUPERIOR DE PETROLEO PESADO
ZONA PRINCIPAL DE PETROLEO
ARCILLAS ARENOSAS INFERIORES
CAPAS ARENOSAS BASALES
366
1 200'
PARTE SUPERIOR: LUTITAS ESTRATIFICADAS CON ARENAS BIEN DESARROLLADAS. PRODUCEN PETROLEO Y GAS.
PARTE INFERIOR: LUTITAS Y LUTITAS ARENOSAS.
EOCENO
MENE GRANDE
PAUJI
LUTITA SUPERIOR
LUTITAS NEGRAS MACIZAS.
ZONA DE TRANSICION
LUTITA MEDIA
ARENISCA MEDIA
ARENA DURA CUARCITICA, PRODUCTORA DE PETROLEO.
LUTITA MEDIA
LUTITA INFERIOR
LUTITAS NEGRAS Y LUTITAS ARENOSAS.
MISOA TRUJILLO
ZONA DE TRANSICION
ARENISCAS INTERESTRATIFICADAS CON CALIZAS Y LUTITAS. PRODUCTORAS DE PETROLEO.
ARENISCA PRINCIPAL
428
1 400'
ARENISCAS MUY DURAS, DENSAS, ESPESAS Y CUARCITICAS INTERESTRATIFICADAS CON LUTITAS DURAS. PRODUCTORA DE PETROLEO.
ARENISCAS & LUTITAS INFERIORES
ARENISCAS MUY DURAS, DENSAS, DELGADAS, CUARCITICAS INTERESTRATIFICADAS CON LUTITAS DURAS Y LUTITAS ARENOSAS. ALGUNA PRODUCCION DE PETROLEO.
PERFIL ELECTRICO DE LA "CIA SHELL DE VENEZUELA LTD", MODIFICADO

Figura 38

un reventón, produciendo a razón de más o menos 100,000 B/D de petróleo pesado, lo que dió el estímulo necesario para iniciar el desarrollo en gran escala de esta enorme área petrolífera. Después del descubrimiento del campo de La Rosa por la Shell, en 1917, pozos exploratorios encontraron las acumulaciones en Lagunillas (1926), Tía Juana (1928) y Bachaquero (1930).

En las primeras fases del desarrollo, la perforación se hacía en localidades muy separadas y las distancias relativamente grandes entre las áreas productoras condujeron a la creencia de que existían varios campos petroleros diferentes. A éstos se les asignaron los nombres de Ambrosio, La Rosa, Punta Benítez, Tía Juana, Lagunillas, Pueblo Viejo y Bachaquero. Posteriormente, las extensiones y el desarrollo de los campos indicaron que se trataba realmente de un solo campo, actualmente llamado Campo Costanero de Bolívar.

El Campo Costanero de Bolívar es una de las áreas productoras más grandes del mundo y tiene una superficie probada de producción de más de 120,000 hectáreas (300,000 acres). Después de más de 30 años de desarrollo, los límites de las áreas productoras todavía no se han definido en todas direcciones.

En estos campos, encima del basamento existen rocas de edad Cretáceo, Paleoceno, Eoceno, Oligoceno y Mioceno. Todos estos sedimentos, con excepción del Cretáceo, han sido o son productores en alguna sección del campo. El Cretáceo, que sólo ha sido penetrado por algunos pozos, está constituído de abajo hacia arriba por las formaciones: Apón —107 a 113 metros (350 a 370 pies)—, Capacho —137 a 146 metros (450 a 480 pies)—. La Luna —61 a 67 metros (200 a 220 pies)—, Colón —457 a 1,082 metros (1,500 a 3,500 pies)— y Mito Juan —50 a 82 metros (165 a 270 pies)—. Las formaciones Apón, Capacho y La Luna están compuestas por calizas grises espesas muy duras y calizas arenosas interestratificadas con lutitas calcáreas, mientras que las formaciones Colón y Mito Juan están constituídas por lutitas.

La formación Guasare del Paleoceno que es concordante sobre la formación Mito Juan es una unidad relativamente delgada —81 a 146 metros (265 a 480 pies)—, y se compone predominantemente de lutitas grises. Es común encontrar en esta formación algunos lechos delgados de areniscas y calizas, los cuales, por lo menos en un pozo, son capaces de producir cantidades pequeñas de petróleo. El Eoceno está separado de los sedimentos suprayacentes por una discordancia

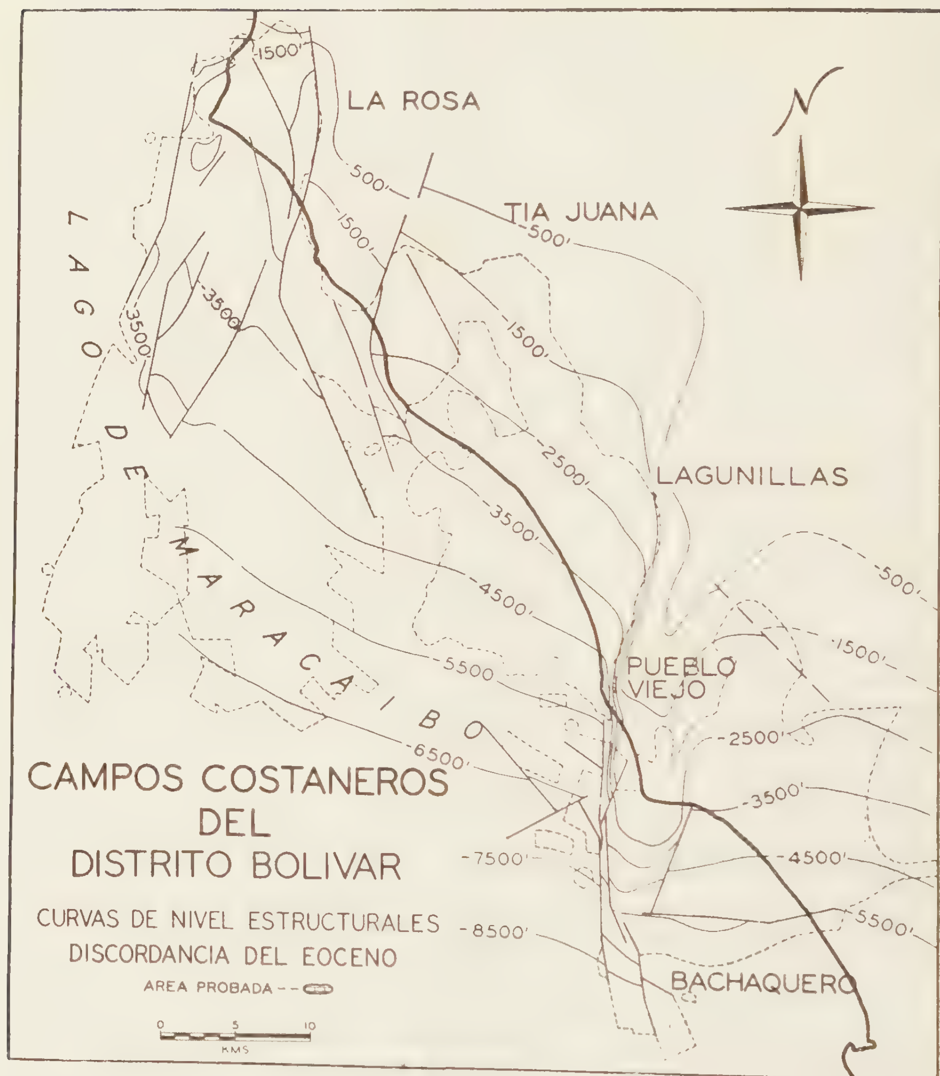

LA ROSA
TIA JUANA
LAGUNILLAS
PUEBLO VIEJO
BACHAQUERO
LAGO DE MARACAIBO
-1500'
500'
-1500'
3500'
3500'
500'
1500'
2500'
3500'
4500'
5500
6500'
-7500'
-8500'
500'
1500'
-2500'
-3500'
-4500'
5500'
CAMPOS COSTANEROS DEL DISTRITO BOLIVAR
CURVAS DE NIVEL ESTRUCTURALES
DISCORDANCIA DEL EOCENO
AREA PROBADA
0 5 10
KMS

Figura 39

y está representado por las formaciones Trujillo, Misoa y El Mene. Esta sección, que varía en espesor de 2,713 a 5,030 metros (8,900 a 16,500 pies), consiste en lutitas oscuras interestratificadas con areniscas muy duras de grano fino a grueso. Las areniscas eocenas varían en espesor de menos de un metro a varios centenares de metros. La sección Mioceno-Oligoceno —0 a 1,548 metros (0 a 4,410 pies)—, se subdivide, de abajo hacia arriba, en las siguientes formaciones: Icotea, La Rosa, Lagunillas e Isnotú (La Puerta), las cuales están constituídas por arcillas moteadas interestratificadas con lutitas gris claro y areniscas poco consolidadas de grano fino a medio.

El Eoceno y las formaciones más antiguas están intensamente plegadas y falladas y toda la región fué erosionada a una penillanura antes de la deposición del Mioceno, con excepción del área de Pueblo Viejo, que fué una estructura activa, aún durante la deposición del Mioceno. Los niveles estructurales en el tope del Eoceno, son por consiguiente una representación general de la estructura de los sedimentos Miocenos, tal como se observa hoy en día. Esta estructura es monoclinal con buzamiento hacia el suroeste y plegamientos locales en las partes noreste y sureste del campo. Las fallas mayores se encuentran en las rocas eocenas y más antiguas, aunque varias de ellas se extienden hacia arriba y cortan los sedimentos Mio-Oligocenos. Un ejemplo excelente de ello es la gran falla en el flanco oeste del anticlinal de Pueblo Viejo.

Existen varios tipos de trampas que controlan la acumulación de petróleo en el Campo Costanero de Bolívar: 1) sellos de asfalto en las áreas de menes, 2) fallamiento y plegamiento, 3) variaciones litológicas que forman barreras de permeabilidad dentro de los miembros productores y 4) trampas estratigráficas producidas por el truncamiento de las areniscas eocenas, posteriormente selladas por lutitas del Oligo-Mioceno. Más de 200 yacimientos han sido reconocidos hasta ahora en el Campo Costanero de Bolívar. El mecanismo productor principal es el gas disuelto; otros mecanismos de producción son: la segregación gravitacional y el empuje de agua. Las densidades del petróleo varían de 12 a 43° API. Hasta el presente se han encontrado yacimientos productores que varían en profundidad desde 170 metros, (560 pies) hasta 2,590 metros, (8,500 pies). (Figuras 39, 40 y 41).

Figura 40

CAMPOS COSTANEROS DEL DISTRITO BOLIVAR

PERFIL ELECTRICO COMPUESTO

EDAD	FORM. MTS. PIES	MIEMBRO	PERFIL ELECTRICO	DESCRIPCION
MIOCENO	(SANTA?) 0-670 0'-2200'			ARCILLAS MOTEADAS Y ARENAS BLANDAS
MIOCENO	LAGUNILLAS 0-670 0'-2200'	BACHAQUERO		ARENAS SUELTAS INTERESTRATIFICADAS CON ARCILLAS MOTEADAS Y GRISES
MIOCENO	LAGUNILLAS	LAGUNA		ARENAS BLANDAS Y LUTITAS DE COLOR GRIS CLARO CONTIENEN GLAUCONITA Y FOSILES MARINOS
MIOCENO	LAGUNILLAS	LAGUNILLAS INFERIOR		ARENAS DE GRANO FINO A MEDIANO INTERESTRATIFICADAS E INTERLAMINADAS CON LUTITA GRIS [illegible]
OLIGO-MIOCENO	LA ROSA 0-166			ARENAS BLANDAS Y LUTITAS FOSILIFERAS DE COLOR GRIS VERDOSO. LA ARENA SANTA BARBARA ES ARCILLOSA. LIMOLITA GRIS CLARO.
EOCENO	EL MENE	B-1		
EOCENO	MISOA 2.713-5.028 8.900'-16.500'	B-2		LUTITA DURA DE COLOR NEGRO INTERLAMINADA CON ARENISCA DURA DE GRANO FINO. LAS ARENISCAS POROSAS Y PERMEABLES SUELEN SER PRODUCTIVAS
EOCENO	MISOA	B-3		
EOCENO	MISOA	B-4		
EOCENO	MISOA	B-5		ARENISCAS DE GRANO FINO A GRUESO Y DE CONSISTENCIA FRIABLE A DURA. SUMAMENTE POROSAS Y PERMEABLE EN ALGUNAS PARTES. LA ZONA PRINCIPAL PRODUCTORA DE PETROLEO SE HALLA EN EL EOCENO.
EOCENO	MISOA	B-6		
EOCENO	MISOA	B-7		PREDOMINANTEMENTE ARENISCA INTERESTRATIFICADA CON LUTITA.
EOCENO	MISOA	B-8		
EOCENO	MISOA	B-9		
EOCENO	TRUJILLO	C-1		PREDOMINANTEMENTE LUTITA GRIS
EOCENO	TRUJILLO	C-2		

EDAD	FORM. MTS. PIES	MIEMBRO	PERFIL ELECTRICO	DESCRIPCION
EOCENO	2.713 — 5.028 8.900 — 16.500'	C-2		PREDOMINANTEMENTE LUTITA GRIS
EOCENO		C-3		
EOCENO		C-4		INTERESTRATIFICACION DE ARENISCA Y LUTITA GRIS
EOCENO		C-5		
EOCENO		C-6		PREDOMINANTEMENTE ARENISCA INTERESTRATIFICADA CON LUTITA GRIS Y ESCASOS ESTRATOS DELGADOS DE CARBON
EOCENO		C-7		
PALEOCENO	GUASARE 81-146 261-480			PREDOMINANTEMENTE LUTITA GRIS. CAPAS DELGADAS DE ARENISCA Y CALIZA
CRETACEO	MITO JUAN 30-82 105'-270'			LUTITA GRIS
CRETACEO	COLON 457-1.082 1.500'-3.550'			LUTITA GRIS CALCAREA
CRETACEO	LA LUNA 61-67 200'-220'			CALIZA NEGRA DURA Y LUTITA CALCAREA
CRETACEO	CAPACHO 137-146 450'-480'			CALIZA GRIS DURA.
CRETACEO	APON 107-113 350'-370'			CALIZA GRIS DURA Y CALIZA ARENOSA.
BASAMENTO				GRANITO GNEISICO.

Figura 41

CAMPOS DE MAUROA

Los campos de El Mene de Mauroa, Media y Hombre Pintado, se describen aquí conjuntamente, bajo el nombre de Campos de Mauroa. El Mene de Mauroa está a 62 kilómetros al este de Maracaibo, en el límite entre los Estados Zulia y Falcón. Media y Hombre Pintado están en Falcón, respectivamente 5 y 18 kilómetros más hacia el este.

El Campo El Mene de Mauroa fué descubierto en 1920 y fué seguido por el hallazgo de yacimientos de petróleo en Hombre Pintado en 1926 y en Media en 1928. El pozo descubridor de El Mene de Mauroa fué ubicado en una estructura anticlinal que se muestra en la superficie asociada con menes localizados por geólogos ingleses en 1912.

La columna estratigráfica conocida comienza en el Eoceno con la formación Paují (Tupure) —1914 metros (3,000 pies)—, constituída principalmente de lutitas grises y negras, y ocasionalmente se encuentran algunas capas de lutitas arenosas. La sección del Eoceno yace debajo de la formación Agua Clara del Oligoceno —aproximadamente 1,829 metros (6,000 pies)— de espesor, la cual está formada por lutitas oscuras muy fosilíferas, interestratificadas con lechos delgados de calizas y areniscas, también se encuentran algunos horizontes ligníticos; la formación aflora en la estructura de Hombre Pintado. En el Mene y Media la formación La Puerta —1,371 metros (4,500 pies)— yace discordantemente encima de la formación Agua Clara. La formación Cerro Pelado, que normalmente se encuentra entre las dos, está ausente en la cresta de la estructura en El Mene, indicando movimientos tectónicos fuertes durante el Mioceno. La formación La Puerta, que aflora en las estructuras de El Mene y Media, está formada por lutitas moteadas y grises, interestratificadas con areniscas poco consolidadas y gravas. En la sección hay algunas capas de lignito y los fósiles son raros.

En El Mene de Mauroa la estructura es un pliegue suave en los sedimentos del Mioceno Superior. Una falla normal en el flanco norte tiene casi 1,500 metros de desplazamiento. Hacia el este, en los pequeños campos de Media y Hombre Pintado, las estructuras están aún más falladas. Después de la deposición de la formación Agua Clara, hubo plegamiento y posteriormente, levantamiento y erosión; esto pro-

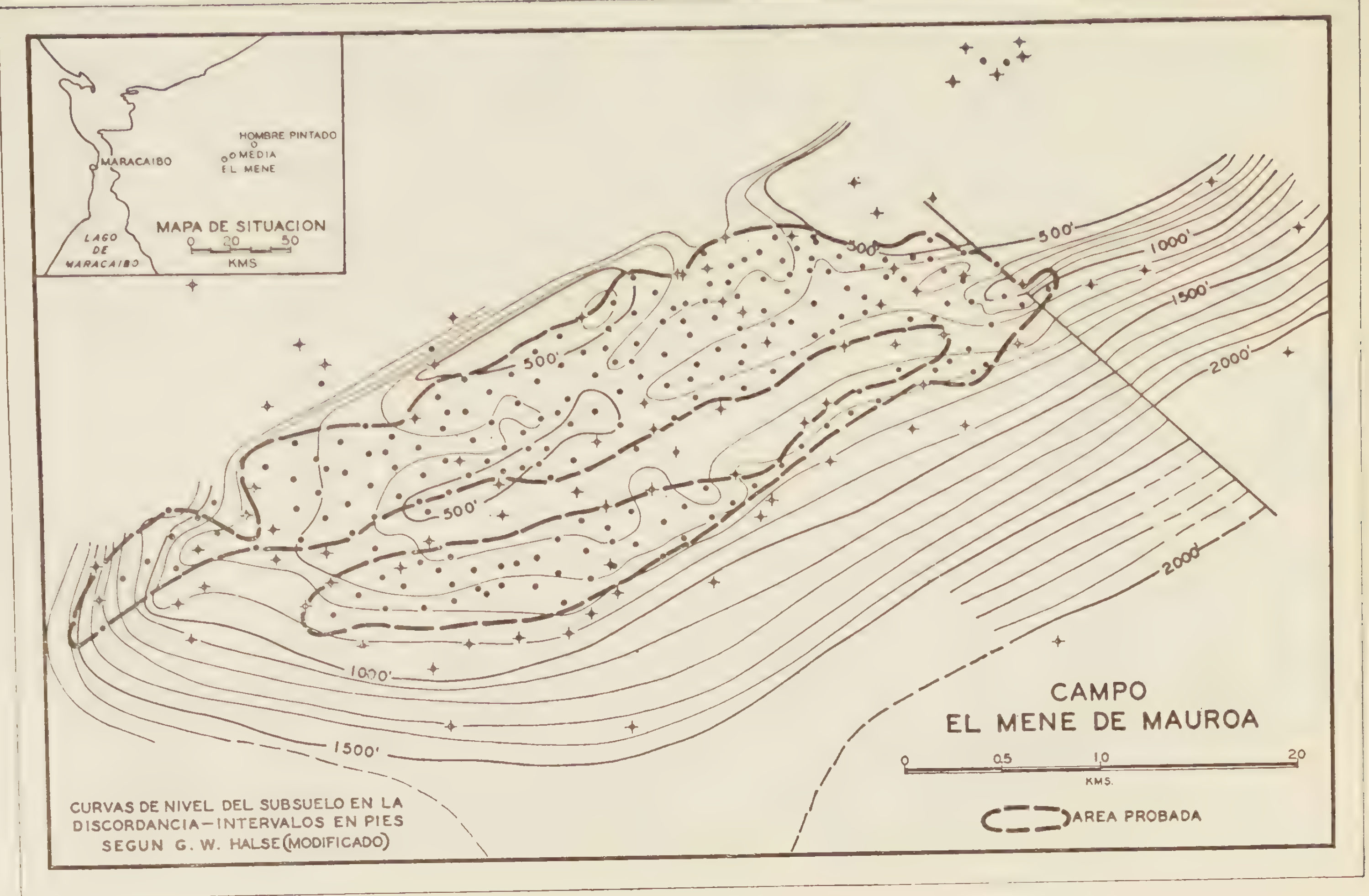

HOMBRE PINTADO
MEDIA
EL MENE
MARACAIBO
LAGO DE MARACAIBO
MAPA DE SITUACION
0 20 50
KMS
500'
1000'
1500'
2000'
CAMPO
EL MENE DE MAUROA
0 0.5 1.0 2.0
KMS.
AREA PROBADA
CURVAS DE NIVEL DEL SUBSUELO EN LA
DISCORDANCIA—INTERVALOS EN PIES
SEGUN G. W. HALSE (MODIFICADO)

Figura 42

dujo una discordancia angular prominente entre la formación Agua Clara y la formación La Puerta, suprayacente.

En los tres campos, el petróleo se presenta asociado con discordancias. En El Mene de Mauroa la producción viene de yacimientos que están justamente encima o debajo de la discordancia que separa capas con buzamientos suaves de la formación La Puerta, de estratos muy deformados de la formación Agua Clara. En el campo de Media el petróleo ocurre cerca y encima de la discordancia, donde capas con buzamientos fuertes de la formación Agua Clara descansan sobre lutitas oscuras y areniscas delgadas del Eoceno que están en posición vertical. En el campo de Hombre Pintado la arenisca productora superior está relacionada con lo que parece ser una discordancia intraformacional. La arenisca petrolífera inferior, que está 605 metros (1,000 pies) más baja, es muy similar pero con buzamientos más pronunciados.

Las areniscas productoras en El Mene tienen espesores de 8 a 12 metros (25 a 40 pies) en la formación Agua Clara y alcanzan hasta 9 metros (30 pies) en el Mioceno Superior. Las capas lenticulares en el flanco norte tienen poca comunicación entre sí y están casi completamente aisladas de las del flanco sur por una zona intermedia arcillosa. En el campo Media la producción proviene de areniscas de la formación Agua Clara, que están cerradas por fallas. En este pequeño campo, ahora abandonado, tan sólo 10 pozos fueron productores. En Hombre Pintado la sección productora es también la formación Agua Clara.

Las profundidades medias de producción en El Mene de Mauroa y Media son de 304 metros (1,000 pies) y 914 metros (3,000 pies), respectivamente. En Hombre Pintado hay dos horizontes productores, uno a 244 metros (800 pies) y otro a 549 metros (1,800 pies). La densidad de los crudos en el área varía de 25° a 43° API; el crudo más pesado proviene de Hombre Pintado y el más liviano del campo Media. (Figuras 42, 43, 44 y 45).

CAMPO DE CUMAREBO

El campo de Cumarebo está situado a 42 kilómetros, aproximadamente, al este de la ciudad de Coro, en el Estado Falcón. Fué descu-

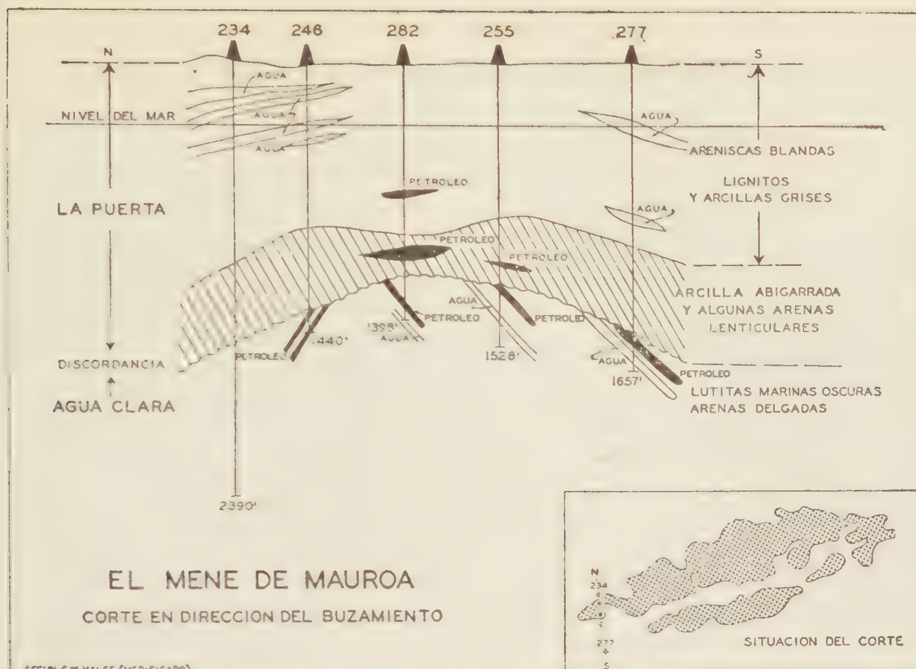


Figura 43

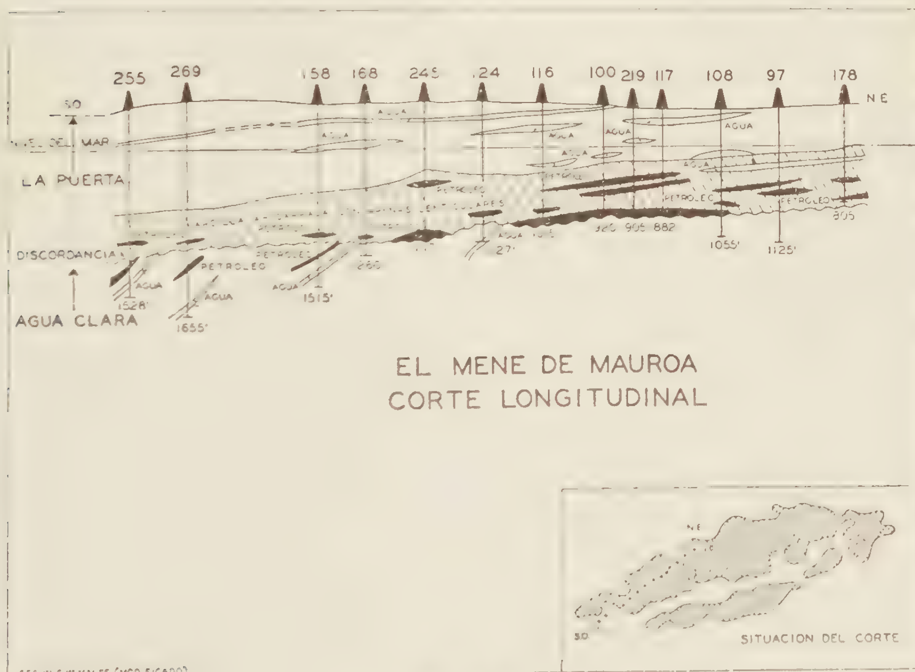


Figura 44


CAMPO EL MENE DE MAUROA
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
EDAD
FORM.
MTS
PIES
PERFIL ELECTRICO
DESCRIPCION
MIOCENO SUPERIOR
LA PUERTA
1371
4.500
ARCILLAS ABIGARRADAS, ARCILLAS GRISES, CAPAS POCO CONSOLIDADAS DE ARENA Y GUIJARROS Y ALGUNOS LIGNITOS. FOSILES SON ESCASOS
OLIGOCENO
AGUA CLARA
OLIGOCENO
AGUA CLARA
1829
6000
LUTITAS FOSILIFERAS OSCURAS INTERCALADAS CON CAPAS RELATIVAMENTE DELGADAS DE CALIZA Y ARENISCA. ALGUNAS CAPAS DE CARBON LIGNITICO.
EOCENO
TUPURE
+ 914
+ 3.000
PRINCIPALMENTE LUTITA GRIS-NEGRA. ALGUNAS CAPAS DE LUTITA ARENOSA.
CORTESIA DE LA "TALON PETROLEUM, C.A."

Figura 45

bierto el 24 de abril de 1931 por el pozo CU-1 de la Creole, que fué localizado a base de estudios de geología de superficie.

La formación Socorro, de edad Oligo-Mioceno, aflora en el área del campo y contiene todas las areniscas productoras. En la formación se han encontrado 17 areniscas, identificadas por números, comenzando con el número 1 para la más superficial y terminando con el 17 para la más profunda. Trece de estas areniscas, de grano fino y muy bien escogidas, son productoras en el campo, aunque la mayoría son relativamente delgadas y productoras sólo localmente. La producción principal proviene de las areniscas 10, 12 y 15; esta última es la más espesa y mejor desarrollada en la formación Socorro. La sección del Mioceno yace encima de una sección espesa de lutitas del Oligoceno, que ocasionalmente presenta zonas arenosas y calcáreas. Pozos profundos perforados en Cumarebo no hallaron yacimientos de importancia comercial en el Oligoceno aunque se obtuvieron indicaciones de petróleo y gas en algunas capas de lutitas arenosas duras.

La estructura de Cumarebo es un anticlinal asimétrico con rumbo noreste y con el flanco más pendiente hacia el noroeste. Esta estructura, está situada en el flanco noroeste de un levantamiento regional, de cuyo eje está separada por un sinclinal.

El anticlinal de Cumarebo presenta dos sistemas principales de fallas normales. El sistema más antiguo se formó antes del plegamiento y está representado por fallas regionales de rumbo noroeste que buzan 40 a 45 grados hacia el noreste. Estas estaban activas durante la deposición de los sedimentos. El sistema de fallas más joven fué formado durante el plegamiento de la estructura al final del Mioceno y consiste en su mayor parte en fallas transversales con el bloque hundido hacia el suroeste: tienen buzamientos de 75 a 80 grados y desplazamientos que varían de 6 a 168 metros. (20 a 550 pies). La estructura, bien definida en la zona de acumulación comercial, tiene un eje longitudinal de 5 kilómetros y un ancho promedio de 850 metros (2,788 pies).

La acumulación de petróleo en el campo de Cumarebo está controlada por la presencia del anticlinal del mismo nombre. Se cree que el petróleo es indígeno en la formación en la cual se encuentra. Debido a la presencia de numerosas areniscas y la naturaleza compleja de la estructura, se han identificado muchos yacimientos. Las profundidades de los horizontes productores varían entre 123 y 845 metros.

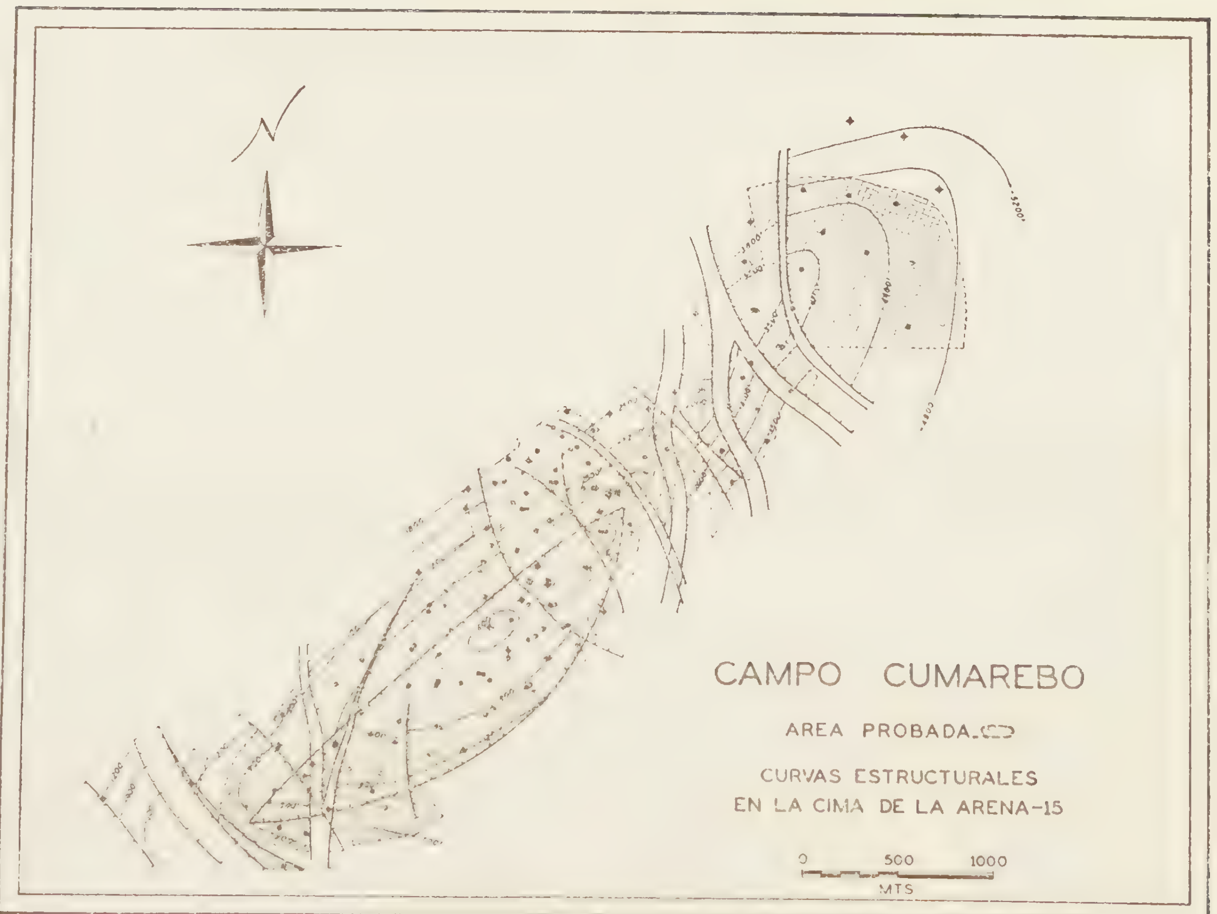

CAMPO CUMAREBO
AREA PROBADA
CURVAS ESTRUCTURALES
EN LA CIMA DE LA ARENA-15
0 500 1000
MTS

Figura 46

(405 a 2.772 pies). El espesor de las areniscas productoras fluctúa entre menos de 6 metros, (20 pies) y un máximo de 53 metros, (175 pies). La porosidad promedia es de 21.7 por ciento y la permeabilidad llega hasta 800 milidarcis. El petróleo es de alta calidad con una densidad de 47.5° API y un contenido de azufre de solamente 0.06 por ciento. El área de acumulación ha sido completamente definida y en el campo no quedan prácticamente localizaciones por perforar. (figuras 46, 47 y 48).

CAMPOS DE GUARICO

Los campos que aquí se agrupan con el nombre de Campos de Guárico, están situados en la parte norte-central del Estado Guárico. Los más importantes son: Las Mercedes, Tucupido, Sabán, Bella Vista, Ruiz, Palacio y Guavinita. La acumulación comercial en esta zona fué descubierta por el pozo Las Mercedes No. 2, el cual fué completado el 25 de noviembre de 1941.

Los sedimentos más antiguos penetrados en esta región son de edad Cretáceo. Este ha sido subdividido de abajo hacia arriba en dos secciones: una inferior moteada y otra superior con tres formaciones: La Cruz, Infante y Guavinita. Las formaciones La Cruz —0 a 305 metros (0 a 1.000 pies)— y Guavinita —0 a 113 metros (0 a 365 pies)—, se componen de lutitas marinas y areniscas. La formación Infante es una caliza gris, densa y fosilífera, de menos de 30 metros (100 pies) de espesor; frecuentemente se le llama "caliza N". Discordantemente encima de la formación Guavinita se encuentra la formación La Pascua, del Oligoceno, la cual tiene un espesor que varía entre 69 y 162 metros, (228 a 500 pies). Esta unidad consiste en interestratificaciones de areniscas y lutitas, de ambiente marino a costanero, con algunos lechos delgados de lignito. Las areniscas de la formación La Pascua son importantes horizontes productores en los Campos de Guárico. La formación La Pascua es concordante en su parte superior con la formación Roblecito, también del Oligoceno —427 a 610 metros (1,400 a 2,000 pies)—. Esta última consiste principalmente en lutitas, con algunas capas delgadas de areniscas en la parte superior de la formación, las cuales frecuentemente contienen acumulaciones comerciales de petróleo. Finalmente, la parte superior de la

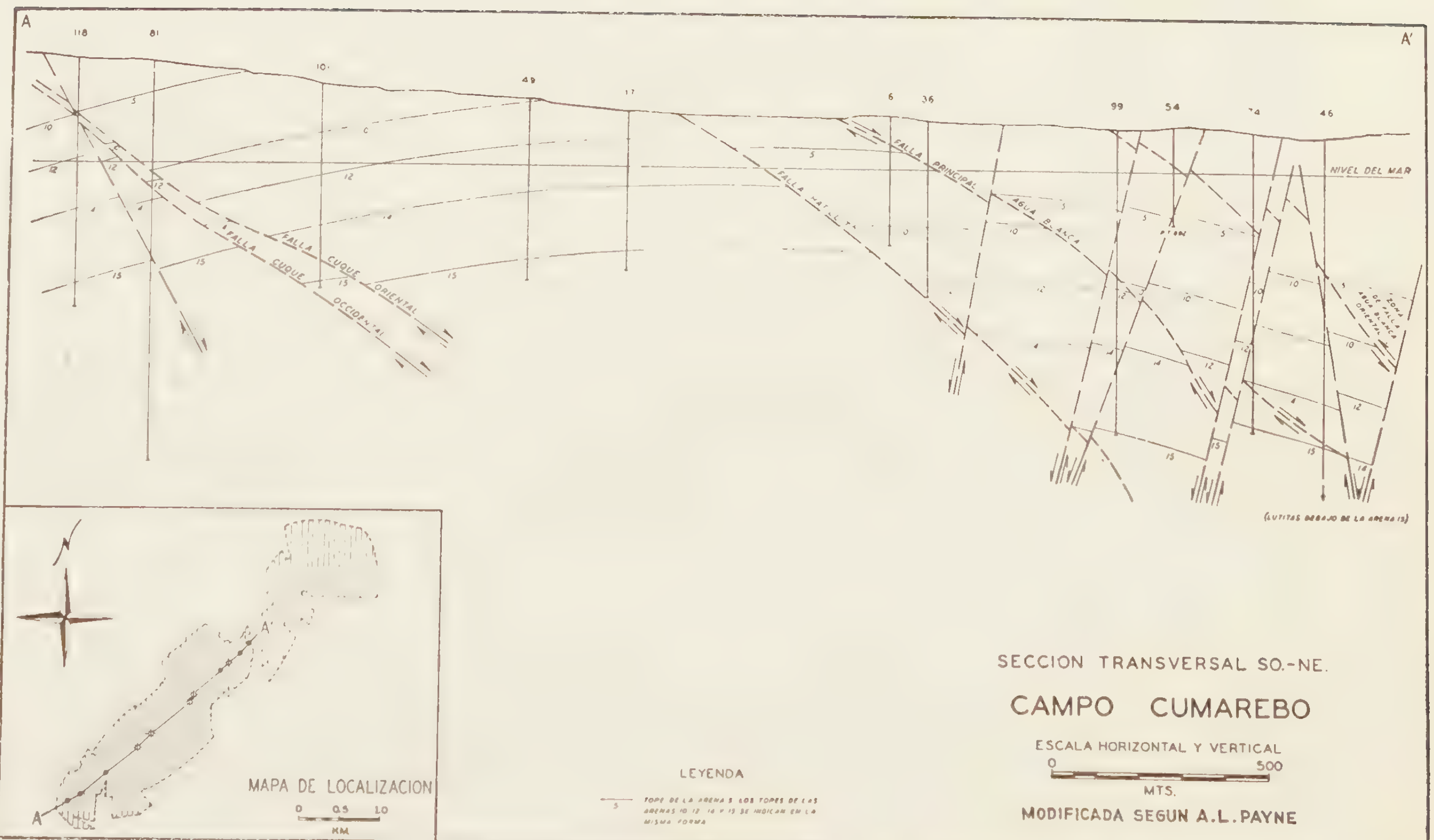

A
A'
118
81
10
49
17
6
36
99
54
74
46
NIVEL DEL MAR
FALLA PRINCIPAL
AGUA BLANCA
FALLA MATA LTA
FALLA CUQUE ORIENTAL
FALLA CUQUE OCCIDENTAL
ZONA DE FALLA AGUA BLANCA ORIENTAL
(LUTITAS DEBAJO DE LA ARENA 15)
SECCION TRANSVERSAL SO.-NE.
CAMPO CUMAREBO
ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL
0
500
MTS.
MODIFICADA SEGUN A.L.PAYNE
LEYENDA
TOPE DE LA ARENA 5. LOS TOPES DE LAS ARENAS 10, 12, 14 Y 15 SE INDICAN EN LA MISMA FORMA
MAPA DE LOCALIZACION
0 0.5 1.0
KM
N

Figura 47

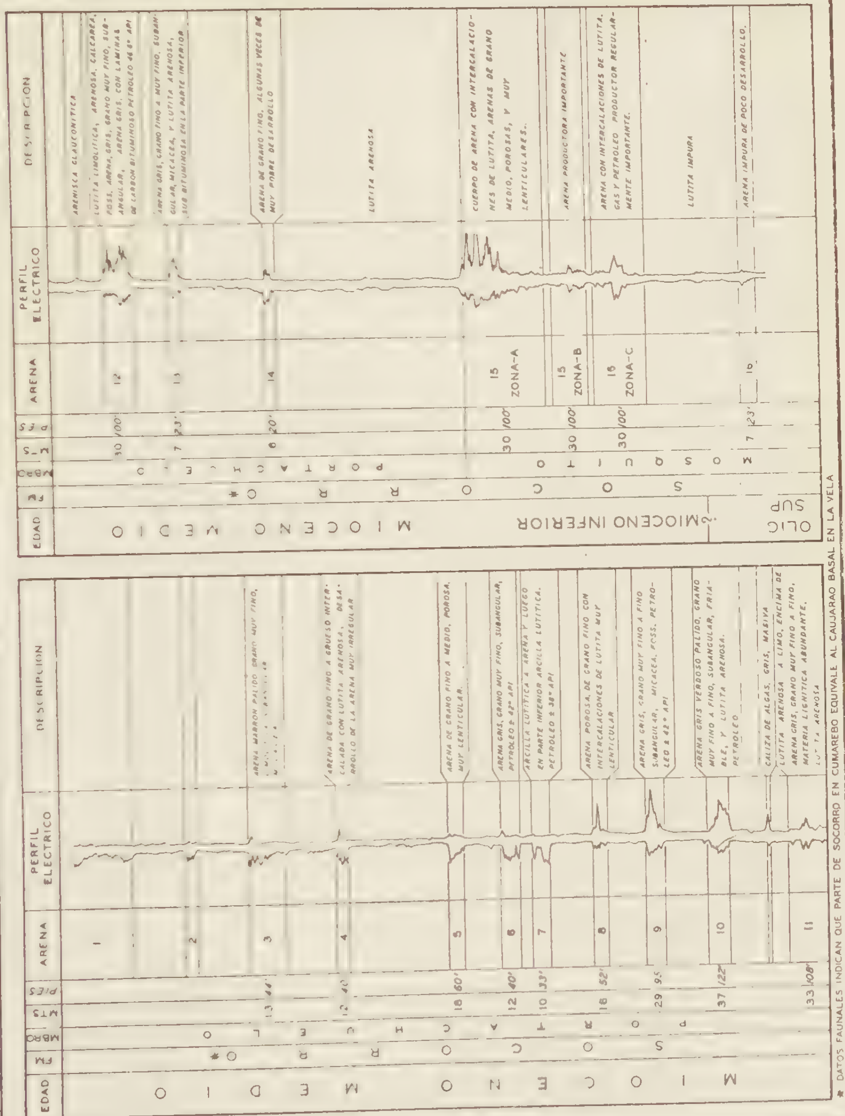

CAMPO CUMAREBO
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
EDAD
FM
MBRO
MTS
PIES
ARENA
PERFIL ELECTRICO
DESCRIPCION
MIOCENO MEDIO
MIOCENO INFERIOR
OLIG SUP
ZONA-A
ZONA-B
ZONA-C
* DATOS FAUNALES INDICAN QUE PARTE DE SOCORRO EN CUMAREBO EQUIVALE AL CAUJARAO BASAL EN LA VELA

Figura 48

sección, está representada por la formación Chaguaramas, también de edad Oligoceno —305 a 427 metros (1,000 a 1.400 pies)—, constituída por capas interestratificadas de areniscas, lutitas y lignitos.

La característica estructural más importante de la zona es un sistema de fallas longitudinales de rumbo noreste, algunas de las cuales tienen el bloque hundido hacia la cuenca mientras que otras tienen el

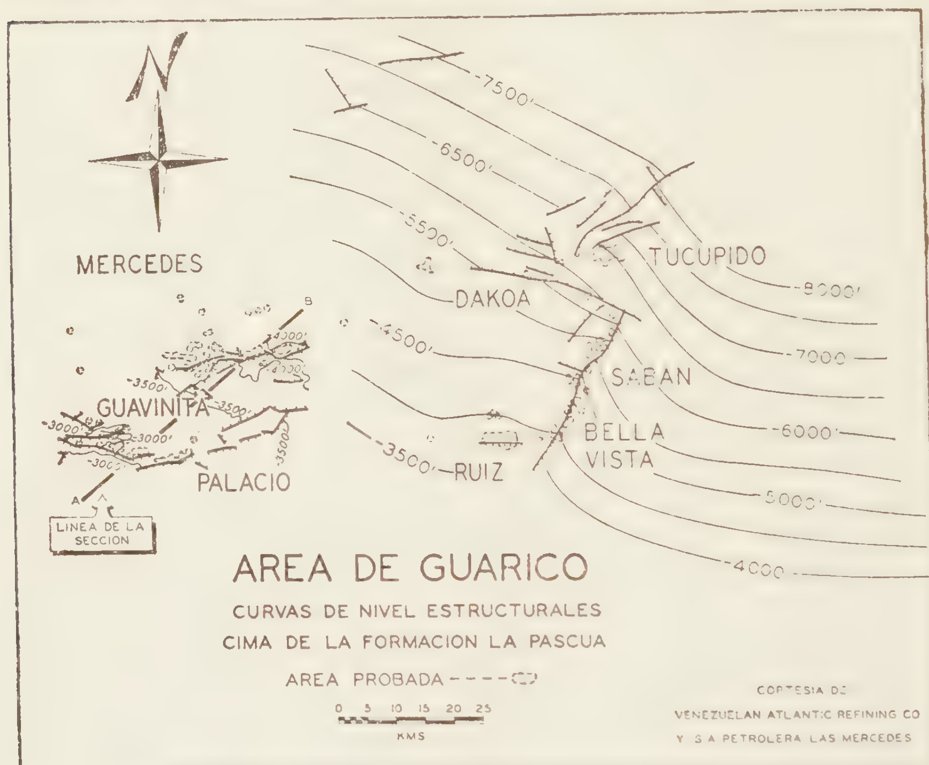


Figura 49

desplazamiento en el sentido contrario. El buzamiento regional es hacia el norte-noreste a razón de 20 metros por kilómetro. Fallas transversales son comunes.

La acumulación en el área de Las Mercedes está controlada principalmente por fallas. Las acumulaciones en Tucupido y Sabán son esencialmente estratigráficas, causadas por la lenticularidad de las areniscas, tanto buzamiento arriba como lateralmente. El campo de

Ruiz es una acumulación causada por fallas en que la lenticularidad de las areniscas ha desempeñado un papel secundario.

Los campos de Guárico contienen un gran número de yacimientos debido al fallamiento y a la lenticularidad de las areniscas. Las areniscas de las formaciones Chaguaramas, Roblecito y La Pascua, y algunas areniscas del Cretáceo, son productoras en una u otra parte del área. La profundidad a que se obtiene la producción varía desde 255 a 1,982 metros (835 a 6,500 pies). El espesor de las secciones petrolíferas fluctúa entre 3.7 metros (12 pies) a más de 15 metros, (50 pies); la mayoría de los yacimientos poseían originalmente grandes casquetes de gas. La densidad de petróleo oscila entre 18 y 42° API. En algunos campos el crudo es de base mixta y en otros de base parafínica. (Figuras 49, 50 y 51).

AREA MAYOR DE ANACO

Los campos de El Toco, Santa Ana, San Joaquín, Guario y Santa Rosa, conocidos en su conjunto como el Area Mayor de Anaco, están situados en la parte central del Estado Anzoátegui en Venezuela Oriental. Esta zona fué descubierta el 1o. de diciembre de 1937, con la terminación del pozo Santa Ana No. 1 de La Mene Grande Oil Co.

La secuencia estratigráfica que se encontró es notablemente uniforme y las mismas unidades pueden ser reconocidas en toda el área, la cual tiene más de 75 kilómetros de largo. La formación Temblador del Cretáceo es la más antigua que se conoce. Esta formación ha sido alcanzada por algunos pozos y no ha sido penetrada completamente por ninguno; consiste en areniscas muy duras interestratificadas con lutitas. Hasta ahora todas las areniscas que se han encontrado contienen agua salada. La formación Temblador es discordante debajo de la formación Periquito —200 metros + (610 pies +)—. Esta se caracteriza principalmente por la abundancia de areniscas y asperones gris claro a gris oscuro, macizos, pobremente estratificados, muy duros, de grano fino a grueso, a veces cuarcíticos, interestratificados con láminas y lechos delgados de lutita negra, dura, carbonácea, y limolitas y arcilitas grises. La estratificación cruzada es corriente; otra característica importante es el crecimiento secundario en los granos de cuarzo. La formación Periquito contiene petróleo y gas a todo lo largo de

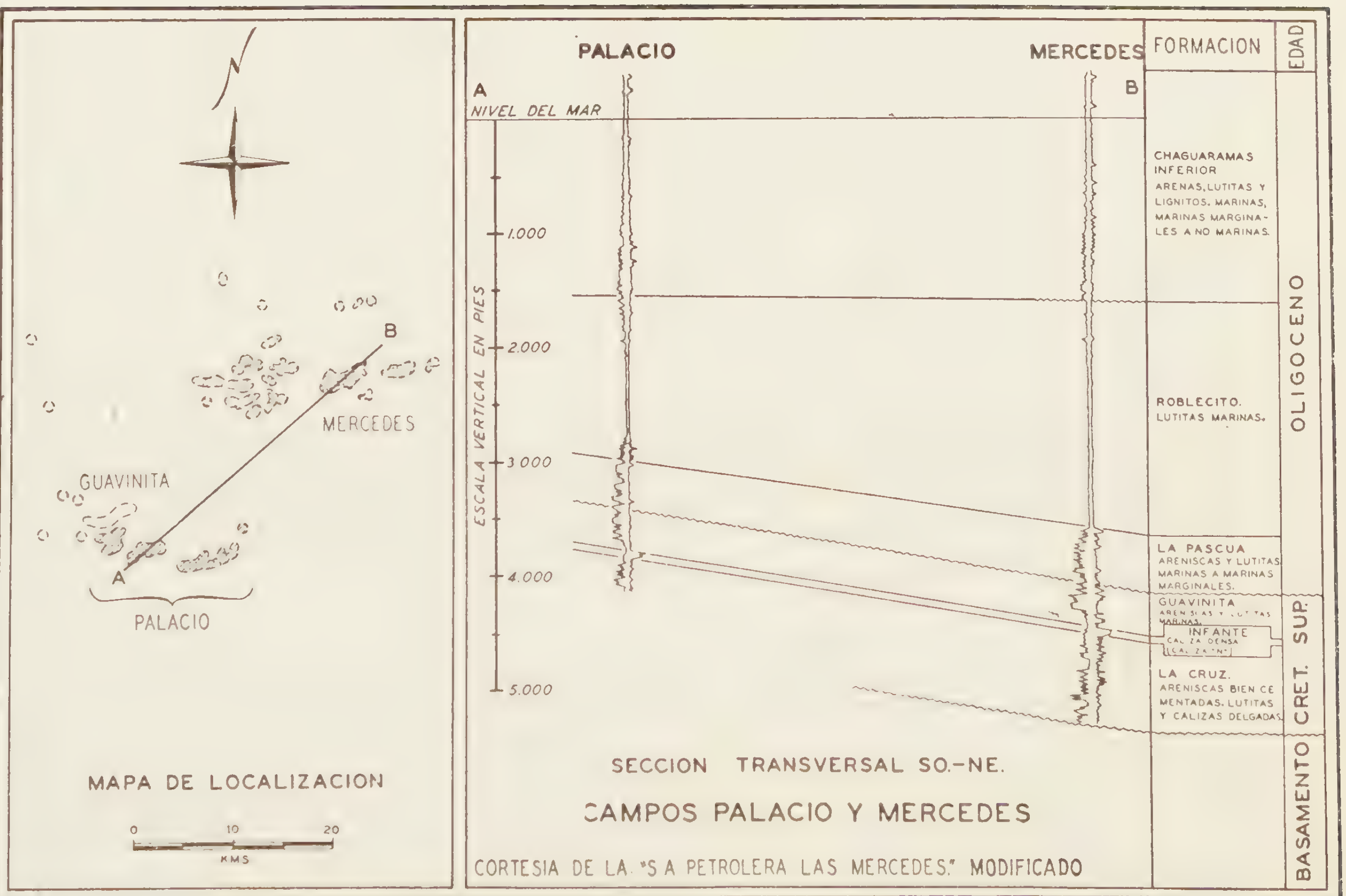

MAPA DE LOCALIZACION
GUAVINITA
PALACIO
MERCEDES
A
B
0
10
20
KMS
PALACIO
MERCEDES
A
B
NIVEL DEL MAR
ESCALA VERTICAL EN PIES
1.000
2.000
3.000
4.000
5.000
FORMACION
EDAD
CHAGUARAMAS INFERIOR
ARENAS, LUTITAS Y LIGNITOS. MARINAS, MARINAS MARGINALES A NO MARINAS.
ROBLECITO.
LUTITAS MARINAS.
OLIGOCENO
LA PASCUA
ARENISCAS Y LUTITAS MARINAS A MARINAS MARGINALES.
GUAVINITA
INFANTE
LA CRUZ.
ARENISCAS BIEN CEMENTADAS. LUTITAS Y CALIZAS DELGADAS.
CRET. SUP.
BASAMENTO
SECCION TRANSVERSAL SO.-NE.
CAMPOS PALACIO Y MERCEDES
CORTESIA DE LA "S A PETROLERA LAS MERCEDES." MODIFICADO

Figura 50

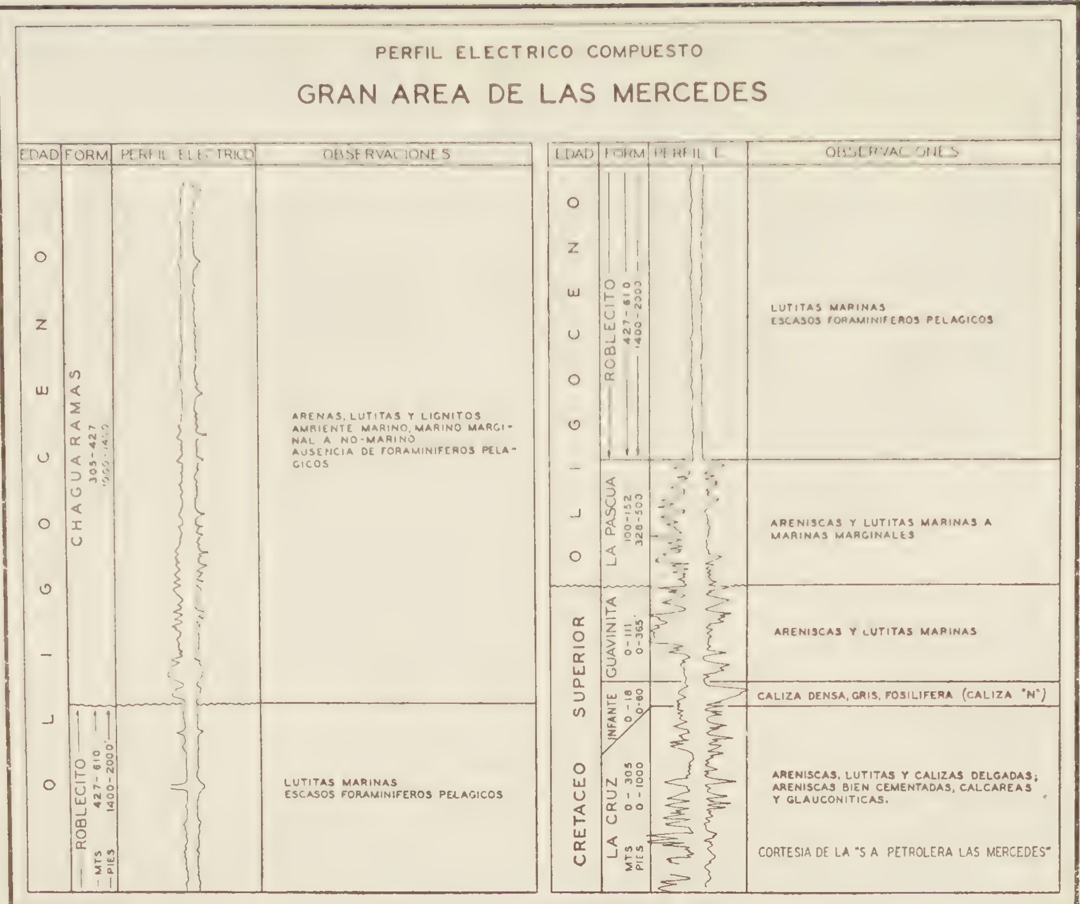

PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
GRAN AREA DE LAS MERCEDES
EDAD
FORM
PERFIL ELECTRICO
OBSERVACIONES
OLIGOCENO
CHAGUARAMAS
305-427
1000-1400
ROBLECITO
MTS 427-610
PIES 1400-2000
ARENAS, LUTITAS Y LIGNITOS AMBIENTE MARINO, MARINO MARGINAL A NO-MARINO AUSENCIA DE FORAMINIFEROS PELAGICOS
LUTITAS MARINAS
ESCASOS FORAMINIFEROS PELAGICOS
EDAD
FORM
PERFIL E.
OBSERVACIONES
OLIGOCENO
CRETACEO SUPERIOR
ROBLECITO
427-610
1400-2000
LA PASCUA
100-152
328-503
GUAVINITA
0-111
0-365
INFANTE
0-18
0-60
LA CRUZ
MTS 0 - 305
PIES 0 - 1000
LUTITAS MARINAS
ESCASOS FORAMINIFEROS PELAGICOS
ARENISCAS Y LUTITAS MARINAS A MARINAS MARGINALES
ARENISCAS Y LUTITAS MARINAS
CALIZA DENSA, GRIS, FOSILIFERA (CALIZA "N")
ARENISCAS, LUTITAS Y CALIZAS DELGADAS; ARENISCAS BIEN CEMENTADAS, CALCAREAS Y GLAUCONITICAS.
CORTESIA DE LA "S A PETROLERA LAS MERCEDES"

Figura 51

los campos de Anaco; es la principal sección productora en los campos de El Toco y Santa Ana, pero en San Joaquín, Guario y Santa Rosa es de importancia secundaria con respecto a la formación Oficina. La formación Periquito pasa gradualmente hacia arriba a la formación Oficina. Esta —2,730 metros (9,250 pies)— consiste en una secuencia de lutitas grises, lutitas y areniscas interlaminadas de color gris claro, grano fino y comunmente muy duras; lignitos, calizas delgadas y arcilitas gris verdoso son componentes menores pero muy corrientes. Por razones de conveniencia en los estudios estratigráficos, la formación se ha dividido arbitrariamente en siete miembros basados en la combinación de caracteres litológicos, paleontológicos, y de registro eléctrico. Estos miembros son de abajo arriba: Colorado, Amarillo, Verde, Naranja, Moreno, Azul y Blanco. Los cuatro miembros inferiores contienen petróleo y gas en todo el área de Anaco y son los productores principales en los campos de San Joaquín, Guario y Santa Rosa. No se ha encontrado producción de petróleo en los tres miembros superiores en esta área. Encima de la formación Oficina yace la formación Freites —487 metros (1,600 pies)—, de Edad Mioceno inferior y medio y de carácter marino. Esta formación aflora en los domos de El Toco, Santa Ana y suroeste de San Joaquín. En los pozos la formación Freites consiste principalmente en lutitas y no tiene importancia económica como productora de petróleo.

Los campos de Anaco se encuentran en una serie de domos alargados que están un poco escalonados, pero generalmente alineados en una dirección norte 50 grados este, cortando oblicuamente a través del rumbo general de la Cuenca Este de Venezuela. Los domos son asimétricos, con flancos muy pendientes hacia el sureste y un flanco poco inclinado hacia el noroeste. Otra estructura de gran importancia en el área es una zona de corrimiento, de rumbo noreste y con inclinación hacia el noroeste, conocida como corrimiento de Anaco. Se conocen fallas normales en el flanco noroeste de la estructura y probablemente existan fallas menores en las sillas tectónicas entre los domos. Los campos de El Roble y San Roque están situados en narices estructurales, con declive hacia el noroeste, desarrolladas en el flanco noroeste de los domos de Guario, San Joaquín y Santa Ana, respectivamente.

La acumulación de petróleo y gas en el área de Anaco es principalmente estructural. Se ha encontrado petróleo en 38 areniscas dife-

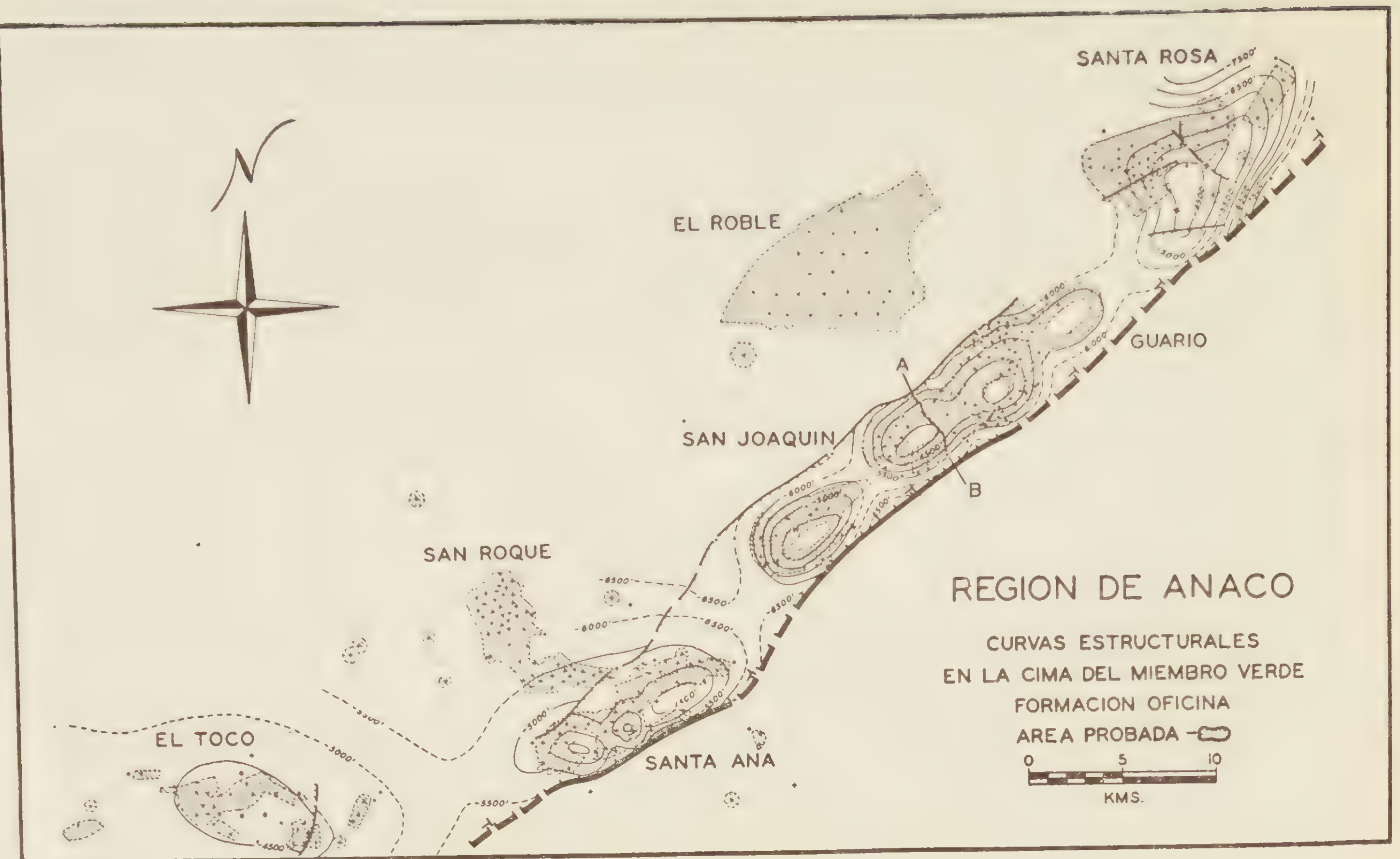

SANTA ROSA
EL ROBLE
GUARIO
A
B
SAN JOAQUIN
SAN ROQUE
REGION DE ANACO
CURVAS ESTRUCTURALES
EN LA CIMA DEL MIEMBRO VERDE
FORMACION OFICINA
AREA PROBADA
0
5
10
KMS.
SANTA ANA
EL TOCO

Figura 52

rentes de las formaciones Oficina y Periquito. La producción menos profunda es de la arenisca Naranja-E a 1,160 metros (3,840 pies) en el campo de San Joaquín; la producción más profunda en esta zona se encuentra en el campo de Santa Rosa, donde se han terminado pozos a profundidades de más de 3,354 metros. (11,000 pies). Los crudos

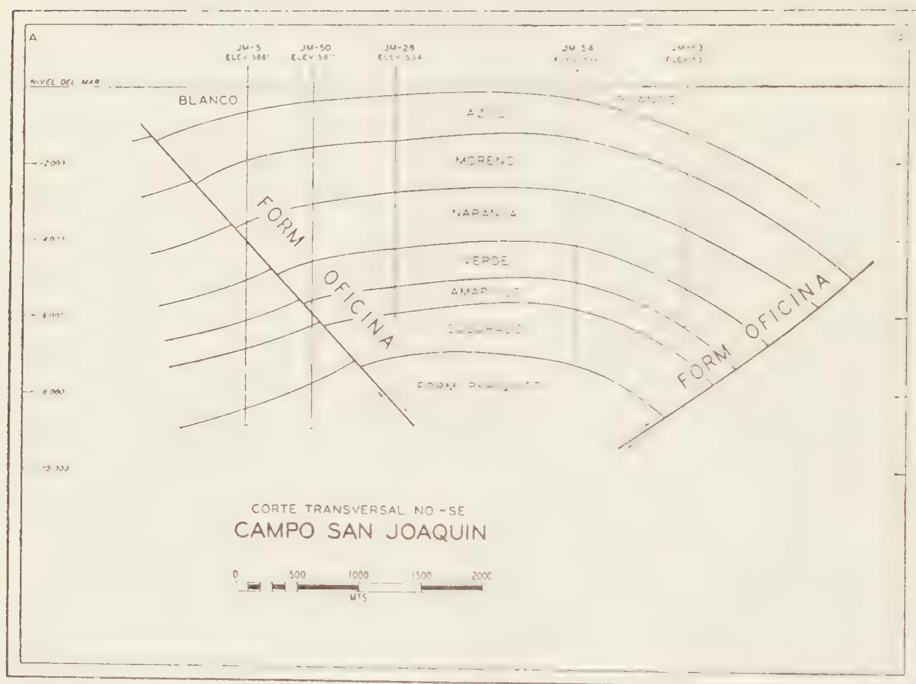


Figura 53

son principalmente parafínicos (contenido de cera hasta del 13 por ciento) con densidades variables de 33° hasta 47° API. (Figuras 52, 53 y 54).

AREA MAYOR DE OFICINA

El Area Mayor de Oficina está ubicada en la parte central del Estado Anzoátegui; tiene aproximadamente 120 kilómetros de largo y 60 kilómetros de ancho. La zona incluye un gran número de campos

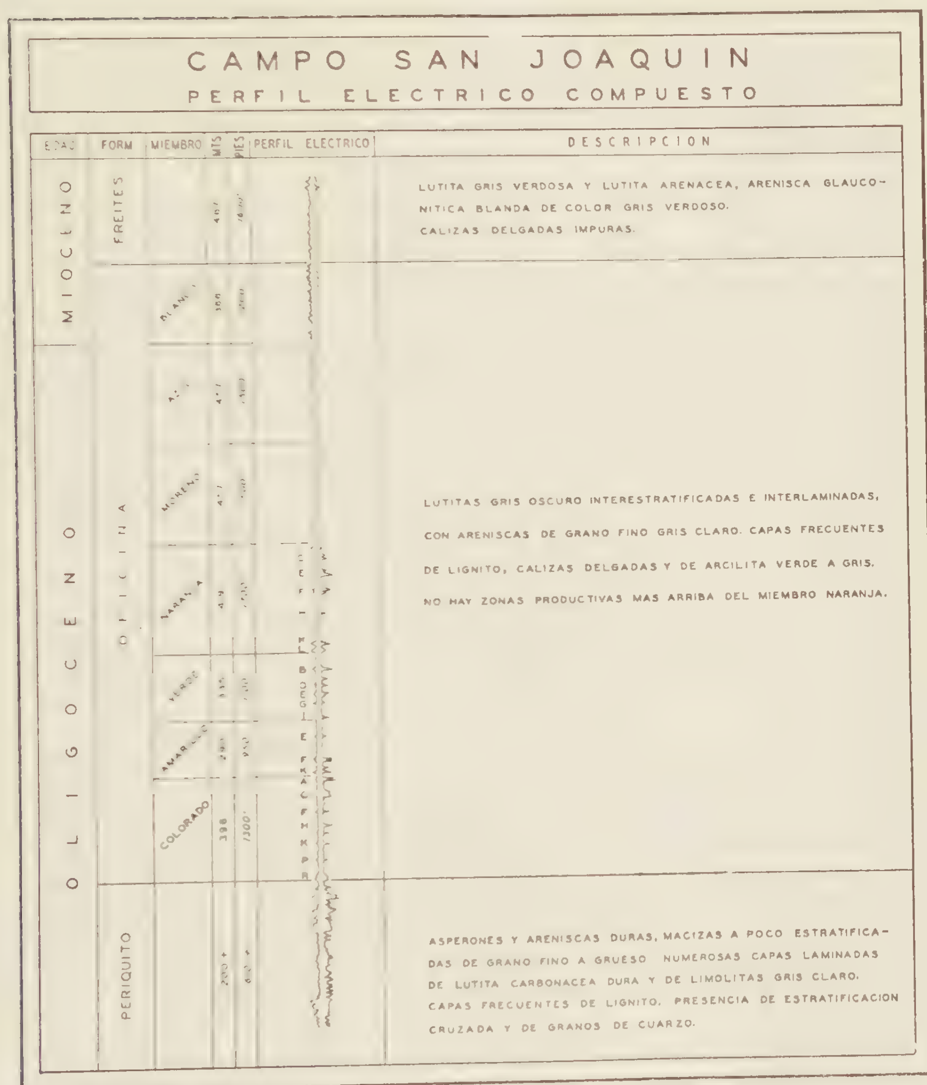

CAMPO SAN JOAQUIN
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
FORM
MIEMBRO
MTS
PIES
PERFIL ELECTRICO
DESCRIPCION
MIOCENO
FREITES
LUTITA GRIS VERDOSA Y LUTITA ARENACEA, ARENISCA GLAUCONITICA BLANDA DE COLOR GRIS VERDOSO.
CALIZAS DELGADAS IMPURAS.
OLIGOCENO
OFICINA
MORENO
VERDE
COLORADO
398
1300'
LUTITAS GRIS OSCURO INTERESTRATIFICADAS E INTERLAMINADAS, CON ARENISCAS DE GRANO FINO GRIS CLARO. CAPAS FRECUENTES DE LIGNITO, CALIZAS DELGADAS Y DE ARCILITA VERDE A GRIS.
NO HAY ZONAS PRODUCTIVAS MAS ARRIBA DEL MIEMBRO NARANJA.
PERIQUITO
ASPERONES Y ARENISCAS DURAS, MACIZAS A POCO ESTRATIFICADAS DE GRANO FINO A GRUESO. NUMEROSAS CAPAS LAMINADAS DE LUTITA CARBONACEA DURA Y DE LIMOLITAS GRIS CLARO.
CAPAS FRECUENTES DE LIGNITO. PRESENCIA DE ESTRATIFICACION CRUZADA Y DE GRANOS DE CUARZO.

Figura 54

petroleros situados cerca del campo de Oficina propiamente dicho, que es el mayor y más antiguo de la región. El pozo OG-1 (Oficina-1) de la Mene Grande Oil Company, descubrió el área el 30 de mayo de 1937. Desde esa fecha se han descubierto muchos otros campos y la exploración ha aumentado constantemente hasta el punto de que hoy es la zona de perforación más activa en Venezuela (28 taladros). Actualmente cinco compañías petroleras tienen actividades de perforación en el área.

La formación Temblador del Cretáceo es la más antigua que se encuentra en la gran Area de Oficina y descansa discordantemente sobre las rocas ígneas y metamórficas del complejo basal de Guayana. La formación Temblador —183 a 610 metros (600 a 2.000 pies)— se divide en dos miembros: un miembro inferior moteado y un miembro superior glauconítico. El miembro inferior, que representa la sedimentación inicial del Cretáceo en el flanco norte del escudo de Guayana, se compone principalmente de asperones de grano grueso, areniscas, limolitas y arcilitas terrestres, generalmente moteados en tonos poco brillantes de gris claro, amarillo, pardo, rojo y púrpura. El espesor de este miembro varía de 90 a 427 metros (295 a 1,391 pies).

El miembro superior se compone de areniscas y limolitas grises y verdosas, glauconíticas y de grano fino; areniscas grises de grano grueso, lutitas carbonáceas oscuras y limolitas y areniscas blancuzcas pulverulentas; este miembro varía en espesor de 90 a 183 metros (295) a 600 pies).

La formación Oficina —610 a 1,524 metros (200 a 5,000 pies)—, de edad Mio-Oligoceno, yace discordantemente sobre la formación Temblador. Se compone principalmente de lutita gris oscuro a parda, interestratificada con areniscas y limolitas gris claro de grano fino a grueso. Son comunes capas delgadas de lignito en toda la formación, las cuales son excelentes puntos de correlación en los registros eléctricos. La formación Oficina varía en espesor desde 610 metros (2,000 pies) en la parte sur del área hasta 1,524 metros. (5.000 pies) en la parte norte.

La formación Freites del Mioceno —330 a 1,100 metros (1,100 a 3,600 pies)—, descansa concordantemente sobre la formación Oficina y se compone casi exclusivamente de lutitas de color gris a gris verdoso; sin embargo, puede ser dividida en tres miembros: el miembro inferior tiene más o menos 90 metros, (295 pies) de espesor y con-


MAPIRI
SOTO
MATA
ZORRO
GUERE
BOCA
NIPA
CHIMIRE
W. GUARA
LEONA
E. GUARA
DACION
OFICINA
MEREY
YOPALES
OVEJA
REGION DE OFICINA
SISTEMA DE FALLAS MAYORES
AREA PROBADA
0 5 10 20 30 40
KMS.

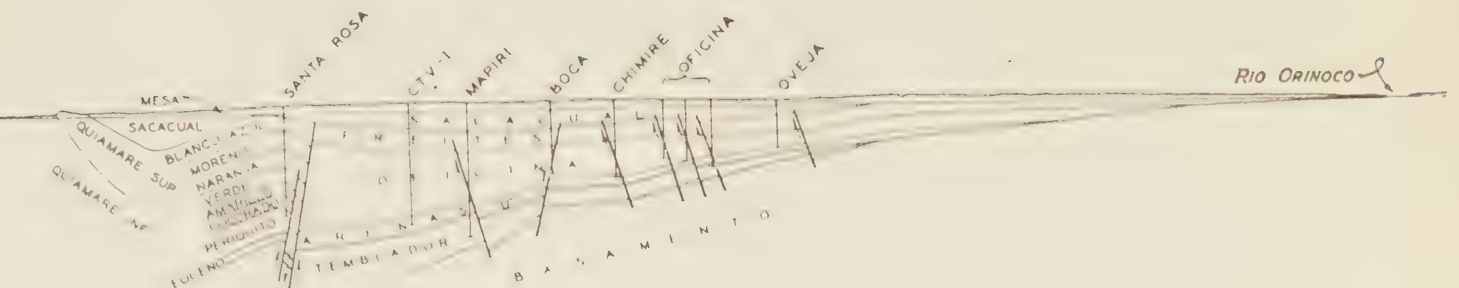
Figura 55

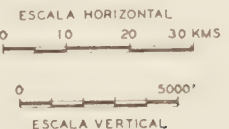
tiene, además de las lutitas verdes típicas, algunas areniscas delgadas, amarillas a verdes, de grano medio, glauconíticas y fosilíferas. El miembro medio se compone casi totalmente de lutitas verdes a verde grisáceo, fisibles; varía en espesor de 150 a 914 metros, (492 a 3,000 pies). El miembro superior tiene normalmente 90 metros, (295 pies) de espesor e incluye una serie de areniscas delgadas, lutíticas, de grano fino, gris blancuzcas y ligeramente glauconíticas.

La formación Las Piedras —122 a 1,200 metros (440 a 4,000 pies)—, a la cual se le asigna una edad Mioceno a Plioceno, es concordante con la formación Freites. Se compone de lutitas gris verdoso, poco consolidadas, interestratificadas con areniscas gris claro, carbonáceas y micáceas, alternando con areniscas grises y verdes de grano medio a fino, poco consolidadas, y con intervalos de arcilla verde. En las áreas de afloramiento generalmente se reconocen dos unidades (Algarrobo y Las Piedras), sin embargo, en los pozos esta distinción no es práctica, de modo que a todo el intervalo se le llama Las Piedras. La formación varía en espesor de 122 a 1,220 metros (440 a 4,000 pies).

La formación Mesa del Pleistoceno (0 a 76 metros, (0 a 250 pies), se compone principalmente de areniscas rosadas, pardas o rojas, macizas, desleznables y de algunos conglomerados con guijarros de cuarzo. Son frecuentes lentes de arcilitas y arcilitas arenosas rojas y grises moteadas. La formación Mesa es discordante con las formaciones más antiguas y varía en espesor entre 0 y 76 metros, (0 a 250 pies).

La Gran Area de Oficina está situada en el flanco sur de la cuenca estructural de Venezuela Oriental, cuyo eje tiene un rumbo este-noreste y un declive suave en esa misma dirección. El buzamiento regional es de 2 a 4 grados hacia el norte y aumenta gradualmente hacia el eje de la cuenca. Hay algunos altos y bajos estructurales de poco relieve, pero la estructura característica y de importancia eonómica para la región es un sistema complejo de fallas normales. En realidad se trata de dos sistemas: uno de fallas mayores con rumbo más o menos paralelo al eje de la cuenca (este-oeste) y otro de fallas más pequeñas, que generalmente tienen un rumbo noroeste. Las fallas parecen ser causadas principalmente por esfuerzos de tensión: todas son normales y probablemente relacionadas con la subsidencia del fondo de la cuenca. Respecto a la edad de las fallas se cree que algunas se iniciaron durante el tiempo de sedimentación de la formación Oficina,







CORTE LONGITUDINAL NO.-SE.
REGION DE OFICINA

Figura 56

PERFIL ELECTRICO COMPUESTO

GRAN AREA DE OFICINA

EDAD	FORM	MBRO	PERFIL ELECTRICO	OBSERVACIONES
PLEIST	MESA 0-70 (0-230')	MTS (PIES)		PREDOMINANTEMENTE ARENISCAS TERRESTRES MACIZAS Y FRIABLES MARRON O ROJO CON ALGUNOS CONGLOMERADOS CON GUIJARROS DE CUARZO NO PRODUCE PETROLEO
MIO.-SUP. Y PLIOCENO	LAS PIEDRAS 122-1220 M (400'-4000')			LUTITA BLANDA INTERLAMINADA GRIS VERDOSO Y ARENISCAS CARBONACEAS Y MICACEAS GRIS CLARO. NO PRODUCE PETROLEO.
MIOCENO	FREITES 330-1100 M (1100'-3600')	MBRO SUP 90 (300')		PREDOMINANTEMENTE LUTITA GRIS VERDOSA CON UN NUMERO DE ARENISCAS ARGILACEAS DELGADAS DE GRANO FINO GRIS BLANCUZCO NO PRODUCE PETROLEO
		MIEMBRO MEDIO 150-914 M (500'-3000')		LUTITA GRIS VERDOSO CON FORAMINIFEROS DE AGUAS MARINAS MODERADAMENTE PROFUNDAS NO PRODUCE PETROLEO.
		MBRO INF 90 (300')		LUTITAS GRIS VERDOSO CON CAPAS DELGADAS DE ARENISCAS FOSILIFERAS DE GRANO MEDIO A GRUESO VERDE AMARILLENTO NO PRODUCE PETROLEO
OLIGOCENO	OFICINA			

EDAD	FORM	MBRO	PERFIL ELECTRICO	OBSERVACIONES
OLIGOCENO	OFICINA 610-1524 M (2000'-5000')	MTS (PIES)	B C D E F G H I J L M N O P R S T U	LUTITAS GRISES MARRONUSCAS CON CAPAS DELGADAS DE LIGNITO ARENISCAS GRISES DE GRANO FINO A GRUESO Y DE LIMOLITAS PRODUCE PETROLEO DE 11° A 57° API
CRETACEO	TEMBLADOR 183-610 M (600'-2000')	MBRO SUP 90-183 M (300'-600')		ARENISCAS Y LIMOLITAS DE GRANO FINO DE GRIS Y GRIS VERDOSO ARENISCAS FRIABLES DE GRANO GRUESO GRIS LUTITAS CARBONACEAS OSCURAS Y CAPAS DELGADAS DE DOLOMITAS DURAS Y DE ARENISCAS DOLOMITICAS AMBAS GRISES NO PRODUCE PETROLEO
		MIEMBRO INFERIOR ABIGARRADO 90-427 M (300'-1400')		ASPERONES DE GRANO GRUESO ARENISCAS LIMOLITAS Y ARCILITAS TODOS ABIGARRADOS EN MATICES DE GRIS CLARO AMARILLO MARRON ROJO Y PURPUREO. NO PRODUCE PETROLEO.
BASAMENTO				

Figura 57

pero que el movimiento en la mayoría de ellas tuvo lugar durante el tiempo de sedimentación de la formación Las Piedras. Las acumulaciones de petróleo y gas en casi todos los casos están controladas por las fallas y se encuentran generalmente en el lado norte de ellas.

Todos los yacimientos comerciales de petróleo y gas en la gran Area de Oficina están en areniscas de la formación Oficina, aunque se han encontrado indicios de petróleo en las areniscas de la infrayacente formación Temblador. Las capas productoras varían en espesor de un metro a más 30 metros, (3 a 100 pies) y se componen de areniscas poco consolidadas a muy duras y de grano fino a medio. Los yacimientos varían desde capas de areniscas de gran extensión lateral hasta areniscas angostas, conocidas con el nombre de "areniscas de canal". El número de areniscas fluctúa de 50 a 70 en el área de Oficina, con un máximo de 47 areniscas productoras en un solo campo (Guara-Oeste). El gran número de areniscas, en combinación con las numerosas fallas y la lenticularidad de los sedimentos, proporcionan algunos ejemplos notables de yacimientos múltiples. La porosidad varía de 10 a 30 por ciento; la permeabilidad generalmente oscila entre 50 y 1.000 milidarcis y ocasionalmente alcanza varios miles de milidarcis. Algunos yacimientos contienen solamente gas. La mayoría de los yacimientos de petróleo tienen un casquete de gas con secciones petrolíferas que varían de espesor, con un máximo de 168 metros, (550 pies). Los horizontes productores se encuentran a profundidades que van de 1.220 a 3,810 metros, (4,000 a 12,500 pies). Debido a la presencia de muchos yacimientos, las terminaciones dobles son corrientes.

En general, los crudos son de base intermedia con gravedades que varía de 8° a 57° API, pero hasta ahora no se han hecho trabajos de desarrollo en yacimientos de petróleo más densos que 12° API.

Actualmente hay alrededor de 100 campos y áreas productoras en la Gran Area de Oficina, de los cuales 11 se consideran de mayor importancia. (Figuras 55, 56 y 57).

CAMPO DE TEMBLADOR

El campo de Temblador está situado en la parte sur-central del Estado Monagas, alrededor de 105 kilómetros al sureste de la ciudad

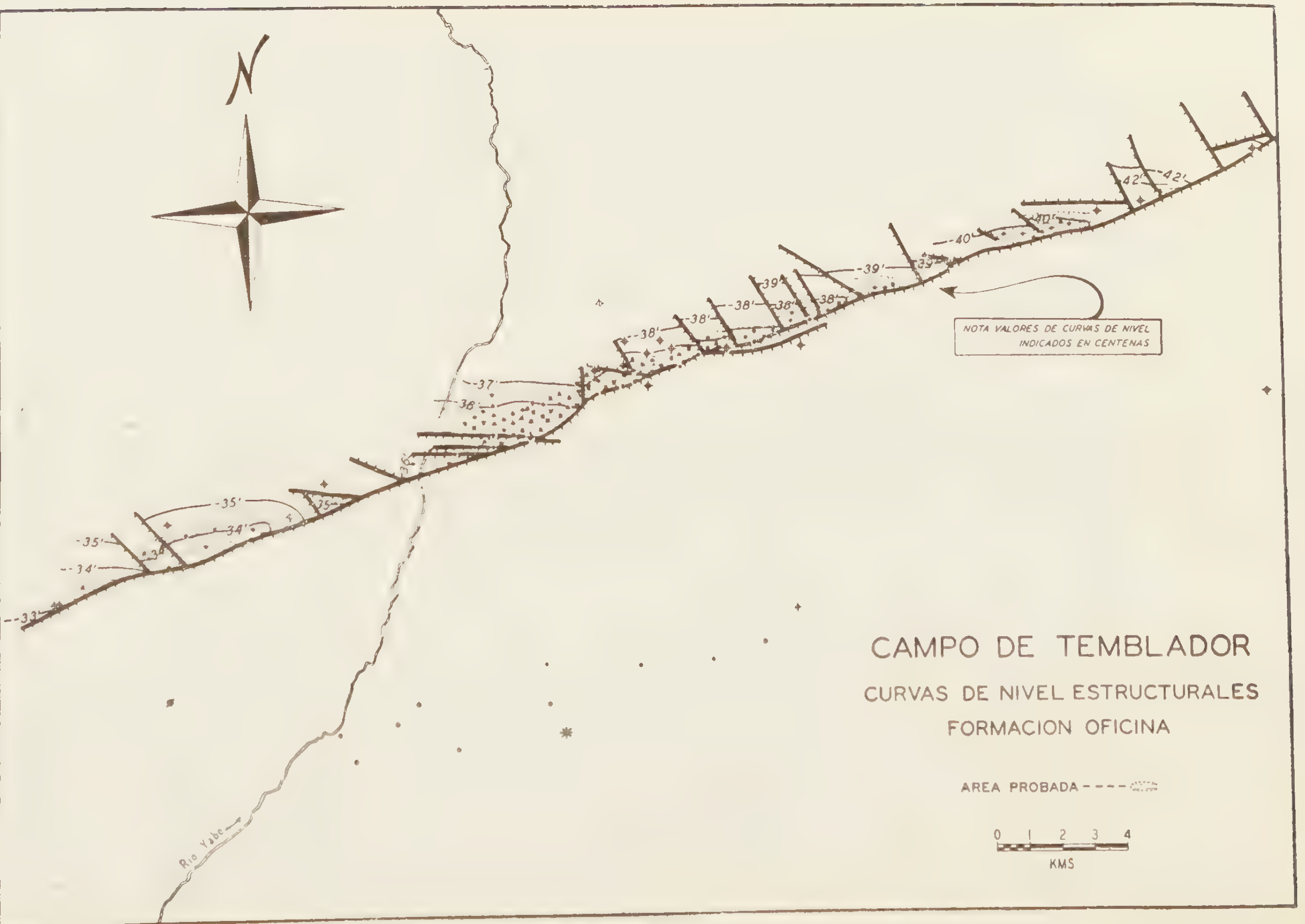

N
NOTA VALORES DE CURVAS DE NIVEL INDICADOS EN CENTENAS
CAMPO DE TEMBLADOR
CURVAS DE NIVEL ESTRUCTURALES
FORMACION OFICINA
AREA PROBADA
0 1 2 3 4
KMS
Rio Yabo

Figura 58

de Maturín. El campo fué descubierto por el pozo TT-1 de la Creole Petroleum Corporation en setiembre de 1936, que fué perforado en el labio norte (hacia la cuenca) de una gran falla de extensión regional, cuya presencia fué revelada por exploraciones sismográficas.

La sección sedimentaria en el campo de Temblador consiste, en orden ascendente, en las formaciones Temblador, Oficina, Freites, Las Piedras y Mesa. La formación Temblador del Cretáceo, que tiene un espesor de 90 a 120 metros (300 a 400 pies), es discordante debajo de la formación Oficina y está formada por areniscas que contienen agua salada, interestratificadas con lutitas moteadas. La formación Temblador yace inmediatamente encima del basamento. La formación Oficina de edad Oligoceno en esta área, tiene un espesor que varía entre 244 y 305 metros (800 a 1,000 pies). La parte inferior de la formación Oficina se compone de areniscas gruesas que contienen agua salada; la parte superior de la formación se compone de areniscas de grano medio a grueso, poco a medianamente duras, interestratificadas con lutitas grises a gris negruzco. Los horizontes productores en este campo son de esta sección. La formación Freites de 396 a 579 metros (1,300 a 1,900 pies) de espesor consiste principalmente en lutitas verdes. En la parte superior de la sección existen algunas areniscas poco desarrolladas y en la parte media se encuentran algunas areniscas delgadas de dureza media y de grano fino a medio. Estas areniscas no son productoras de petróleo pero en algunos pozos las situadas en la parte media de la formación son gasíferas. La formación Las Piedras, que varía en espesor de 488 a 803 metros, (1,600 a 2,635 pies), consiste de areniscas poco consolidadas, grises, de grano fino, micáceas y carbonáceas interestratificadas con lutitas grises. Los lignitos son abundantes y hay algunos lechos de grava. La mayor parte de esta sección contiene agua dulce y no es productora en ninguno de los pozos. La formación Mesa, del Pleistoceno, que cubre todo el área, tiene un espesor de 91 a 457 metros (300 a 1,500 pies) y consiste en areniscas poco consolidadas, gravas y arcilitas moteadas arenosas.

La acumulación en el campo de Temblador está controlada por la falla principal que tiene rumbo Norte 70° Este e inclinación hacia el sur. Al norte de esta falla los sedimentos buzan unos dos grados hacia la cuenca; también se han encontrado algunas pequeñas fallas transversales del tipo normal que determinan el cierre lateral, pero

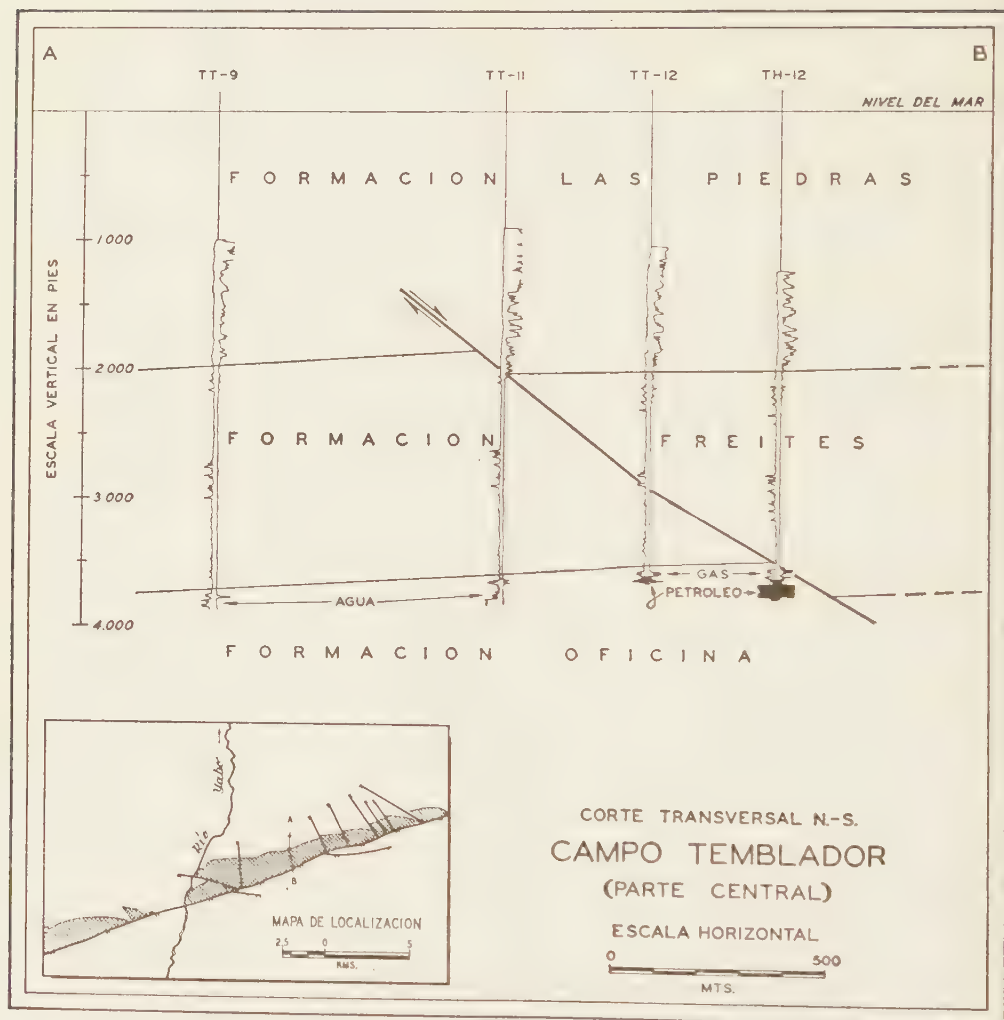

A
B
TT-9
TT-11
TT-12
TH-12
NIVEL DEL MAR
ESCALA VERTICAL EN PIES
1000
2000
3000
4.000
FORMACION LAS PIEDRAS
FORMACION FREITES
GAS
PETROLEO
AGUA
FORMACION OFICINA
Río Uaba
MAPA DE LOCALIZACION
2.5
0
5
KMS.
CORTE TRANSVERSAL N.-S.
CAMPO TEMBLADOR
(PARTE CENTRAL)
ESCALA HORIZONTAL
0
500
MTS.

Figura 59

CAMPO DE TEMBLADOR
PERFIL ELECTRICO COMPUESTO

EDAD	FORMACION	MIEMBRO	MTS	PIES	PERFIL ELECTRICO	DESCRIPCION
PLEISTOCENO	MESA					ARCILLAS GRIS OSCURAS A PARDO CLARAS, ARENOSAS, MOTEADAS, ASPERONES Y GRAVAS, ARENAS GRISES A PARDAS CLARAS, GRANO FINO A GRUESO, ARCILLOSAS, MOTEADAS
PLIOCENO	LAS PIEDRAS					LUTITA GRIS CLARA; ARENAS LIMOLITICAS, GRISES, GRANO FINO, MICACEAS, CARBONACEAS; ARENAS GRISES, ARCILLOSAS, GRANO FINO A GRUESO, POCO CONSOLIDADAS. LUTITAS GRISES. CARBONACEAS; LIGNITOS ABUNDANTES; ALGUNAS GRAVAS. CONTIENE AGUA DULCE; NO CONTIENE PETROLEO NI GAS.
MIOCENO	FREITES	SUPERIOR MEDIO INFERIOR	400 - 580	1.300' - 1.900'		LUTITAS VERDES, ARENOSAS, FOSILIFERAS. POCAS ARENAS, GRANO FINO A MEDIO, GRISES, OCASIONALMENTE GLAUCONITICAS. RARAS ARENISCAS, GRANO FINO A MEDIO, BIEN ENDURECIDAS, GLAUCONITICAS. LUTITAS NEGRAS CONSPICUAS CERCA DE LA BASE. NO CONTIENE PETROLEO EN ESTA AREA; HAY GAS EN ALGUNOS POZOS.
OLIGOCENO	OFICINA		240 - 300	800' - 1.000'		LUTITAS GRISES A NEGRAS, A VECES ARENOSAS, CARBONACEAS. MICACEAS, OCASIONALMENTE INTERLAMINADAS CON ARENAS DELGADAS, GRANO FINO Y CON ARENAS GRISES, GRANO FINO A GRUESO, ENDURECIDAS. CAPAS DE CARBON, DELGADAS, SE ENCUENTRAN EN LA PARTE BASAL ARENAS ACUIFERAS GRUESAS, ZONA DE FELDESPATO
CRETACEO	TEMBLADOR	MOTEADO	90 - 120	300' - 400'		ARENISCAS Y LUTITAS MOTEADAS, ROJO, PARDO, ROSADO Y PURPUREO
BASAMENTO						GRANITO ROSADO Y GRIS, RAROS MICAESQUISTOS Y DIORITAS CUARCIFERAS

Figura 60

en algunos casos éste está controlado por la lenticularidad de las areniscas.

La producción viene de varias areniscas de la formación Oficina, las que debido al fallamiento forman una serie de yacimientos.

El espesor medio de la arenisca petrolífera neta en este campo es de 13 metros (42 pies). Las areniscas petrolíferas poseen excelentes propiedades, con porosidad de 35 por ciento y permeabilidad del orden de 2.5 darcis. La producción se mantiene bajo un empuje activo de agua, el cual combinado con la excelente porosidad y permeabilidad de las areniscas se espera que resulte finalmente en una alta producción de petróleo por hectárea-metro (acre-pie). La densidad promedio del crudo de Temblador es de 20° API. (Figuras 58, 59 y 60).

AREA MAYOR DE JUSEPÍN

El Area Mayor de Jusepín, compuesta por la Extensión noreste de Jusepín, Jusepín propiamente dicho, Muri, Mulata, Santa Bárbara, Santa Bárbara-Sur, Travieso, Travieso-Oeste, Mata Grande y Tacat, está situado en la parte norte del Estado Monagas en Venezuela Oriental. Aunque las compañías usan diferentes nombres para los campos en las distintas concesiones, estos nombres indican más que nada la propiedad variable de las concesiones. El área productora puede ser considerada como un solo campo que se extiende 43 kilómetros en dirección norte 50 grados este y alcanza un ancho máximo de 7 kilómetros. Este campo fué descubierto por el pozo Jusepín N° 1 de la Creole el 13 de octubre de 1938, perforado para evaluar la concesión y localizado por exploraciones con sismógrafo de reflexión a base de un alto estructural bastante mal definido.

La formación Carapita es la formación productora más antigua del campo. En su mayor parte está compuesta por lutitas incompetentes ricas en foraminíferos y frecuentemente muy distorsionadas, las cuales localmente están interestratificadas con areniscas muy lenticulares de grano fino a grueso y aún conglomeráticas.

En marzo de 1944, se obtuvo producción de estas areniscas en la llamada Extensión Noreste de Jusepín.

La formación La Pica (0 a 1.220 metros (0 a 4.000 pies)), que es discordante sobre la formación Carapita, consiste en una secuencia

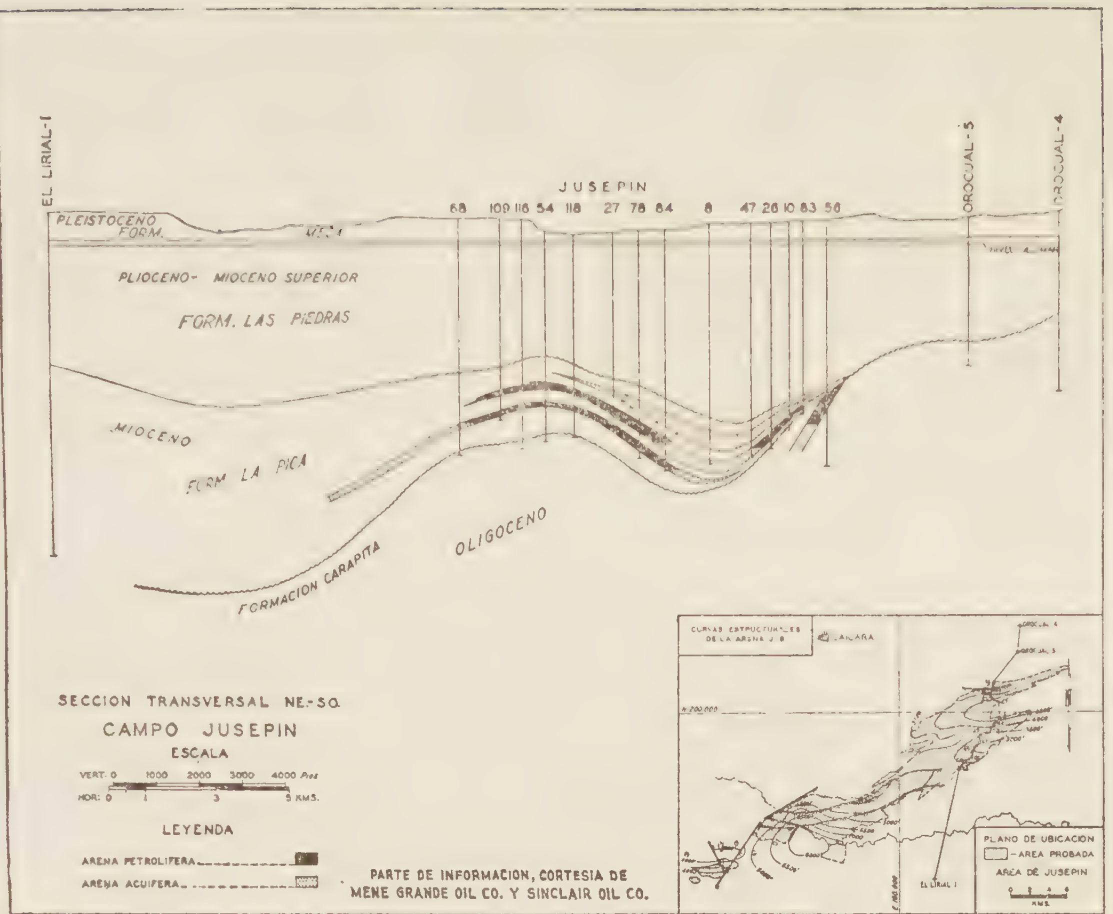

EL LIRIAL-1
JUSEPIN
68 109 116 54 118 27 78 84 8 47 28 10 83 56
OROCUAL-5
OROCUAL-4
PLEISTOCENO FORM.
PLIOCENO- MIOCENO SUPERIOR
FORM. LAS PIEDRAS
MIOCENO
FORM LA PICA
OLIGOCENO
FORMACION CARAPITA
SECCION TRANSVERSAL NE.-SO.
CAMPO JUSEPIN
ESCALA
VERT: 0 1000 2000 3000 4000 Pies
HOR: 0 1 3 5 KMS.
LEYENDA
ARENA PETROLIFERA
ARENA ACUIFERA
PARTE DE INFORMACION, CORTESIA DE
MENE GRANDE OIL CO. Y SINCLAIR OIL CO.
PLANO DE UBICACION
AREA PROBADA
AREA DE JUSEPIN

Figura 61

de lutitas y areniscas. Las lutitas son blandas a duras, grises oscuras a negruzcas, limosas, micáceas, frecuentemente ligníticas y contienen láminas de arena fina y limo. Las areniscas son poco consolidadas a compactas, de grano fino a muy fino, gris claro a oscuro, laminadas, limosas, arcillosas, ligníticas y frecuentemente micáceas. La sección arenosa de la formación La Pica, está dividida en dos zonas, una superior conocida como zona de *Sigmoilina* y una inferior denominada zona de *Textularia.*

La formación Las Piedras, depositada en aguas salobres, yace concordantemente sobre la formación La Pica, con excepción de algunos casos en los cuales hay discordancia local. Tiene un espesor de 640 a 1,160 metros (2,100 a 3,800 pies) y consiste principalmente en areniscas poco consolidadas, lenticulares, de grano medio, generalmente bien desarrolladas, interestratificadas con lutita gris claro, poco consolidada. Las areniscas son acuíferas en todo el área.

El gran Campo de Jusepín está cubierto por la formación Mesa del Pleistoceno, depositada en un ambiente continental y varía en espesor de 115 a 210 metros (380 a 700 pies); consiste de areniscas poco consolidadas, gravas y arcilitas moteadas ferruginosas.

Estructuralmente, la mayor parte del Gran Campo de Jusepín es un monoclinal con buzamiento hacia el sur, complicado por fallas normales. Una raíz estructural y un pequeño anticlinal se encuentran en el campo de Jusepín propiamente dicho.

La acumulación en Jusepín está controlada principalmente por la lenticularidad de las areniscas de La Pica hacia el norte y la discordancia en la base de la formación La Pica, que controla la acumulación en areniscas del Oligoceno. La formación La Pica no aflora en el área de Jusepín sino que se adelgaza rápidamente y finalmente se acuña contra la discordancia Mioceno-Oligoceno que se levanta hacia el norte. Las capas individuales de areniscas y lutitas de la formación La Pica también se adelgazan hacia el norte. Existe una multitud de trampas estratigráficas; se conocen 25 areniscas productoras de las zonas de *Sigmoilina* y *Textularia* de la formación La Pica y en ciertas localidades existen acumulaciones en areniscas lenticulares de edad pre-La Pica. Hacia el sur y el este, las areniscas de la formación La Pica desaparecen por conversión en lutitas o por erosión contra discordancias intraformacionales. La mayor fuente de los sedimentos de La Pica estaba hacia el oeste y los agentes distributivos


PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
AREA DE JUSEPIN
FORM
METROS
PIES
PERFIL ELECTRICO
OBSERVACIONES
PLEISTOCENO A RECIENTE
MESA
115 - 210
380 - 70
ARENAS Y GRAVAS POCO CONSOLIDADAS, CON MUCHA ESTRATIFICACION CRUZADA INTERESTRATIFICADAS CON ARCILLAS ARENOSAS MOTEADAS FERRUGINOSAS
MIOCENO SUPERIOR — PLIOCENO
LAS PIEDRAS
640 - 1160
2100 - 3800
ARENAS POCO CONSOLIDADAS LENTICULARES, LIMOLITICAS A GRANO MEDIO. GENERALMENTE BIEN DESARROLLADAS INTERESTRATIFICADAS CON LUTITA GRIS CLARA BLANDA. LAS ARENAS CONTIENEN AGUA SALOBRE
MIOCENO INFERIOR Y MEDIO
LA PICA
0 - 1220
0 - 4000
SIGMOLINA
TEXTULARIA
LUTITA GRIS VERDOSA, SEMIENDURECIDA, INTERESTRATIFICADA CON ARENAS LIMOLITICAS ARCILLOSAS DE GRANO MUY FINO POCO CONSOLIDADAS CON LAMINACIONES TRANSVERSALES DE LUTITA LIMOLITICA
LAS ARENAS CONTIENEN AGUA SALADA PETROLEO O GAS SEGUN LA SITUACION DEL POZO
OLIGOCENO
CARAPITA
0 - 1160
0 - 3800
CAPAS MUY LENTICULARES DE CLASTICOS QUE VAN DE LIMO A CONGLOMERADOS CONSOLIDADOS PERO NO MUY CEMENTADOS INTERESTRATIFICADOS CON LECHOS DELGADOS DE LUTITA CALCAREA. LAS ARENAS CONTIENEN AGUA SALADA PETROLEO O GAS SEGUN LA SITUACION DEL POZO. LA SECCION CLASTICA DEL OLIGOCENO SUPERIOR YACE ENCIMA DE UNA SECCION ESPESA DE LUTITA

Figura 62

de la formación fueron corrientes litorales que depositaron una sección que se hacía más arcillosa hacia el este.

En el límite este del campo, las areniscas se hacen demasiado arcillosas como para dar producción comercial. La línea de playa en tiempos de la formación La Pica sufrió varios períodos de movimiento, durante y después de la deposición; el rejuvenecimiento periódico de los altos y bajos en el fondo oceánico ejerció un efecto marcado en la distribución de los sedimentos. Muchos ejemplos de aumento de espesor en las partes bajas y adelgazamiento en las partes altas, han sido encontrados y hay por lo menos dos discordancias intraformacionales en la parte suroeste del área. También se han identificado varios períodos de fallamiento normal y en algunas localidades se presentan problemas complejos determinados por la combinación de los efectos de erosión, lenticularidad y fallamiento.

Las fallas principales y el eje del levantamiento estructural principal, el anticlinal de Jusepín, al norte de la línea de playa de La Pica, tienen un rumbo paralelo al frente de montañas.

Las areniscas productoras de la formación La Pica. son extremadamente finas y generalmente muy arcillosas: la porosidad promedio es de 24 por ciento y la permeabilidad es baja. Los pozos productores de la formación La Pica muestran una fuerte reducción en la presión y una disminución relativamente rápida en la producción. Las areniscas de la formación Carapita son de grano más grueso que las de la formación La Pica y tienen una porosidad de hasta 30 por ciento y permeabilidad hasta de 600 milidarcis. Los crudos tienen una densidad que varía de 22 a 36° API, con un promedio de 31° API. El contenido de azufre es moderado. Con la excepción de Mulata-Suroeste y Tacat, no quedan localizaciones por perforar en este campo. (Figuras 61 y 62).

CAMPO DE QUIRIQUIRE

El campo de Quiriquire está situado a 25 kilómetros al norte de la ciudad de Maturín, capital del Estado Monagas.

El descubrimeinto en 1890 de manaderos de petróleo y gas paralelos a las montañas del borde norte de la cuenca de Maturín en el Estado Monagas, condujo a la perforación de numerosos pozos explo-

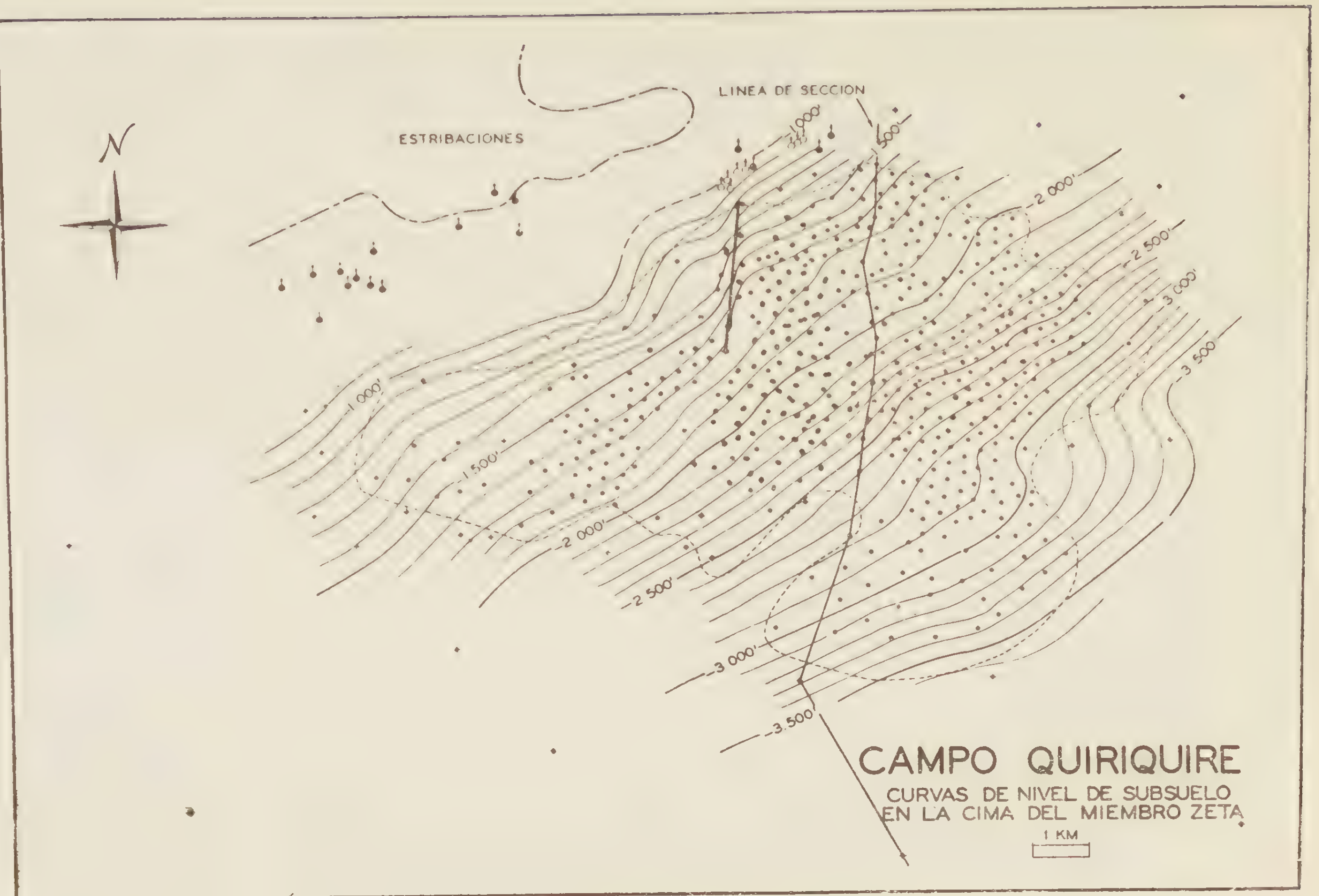

N
ESTRIBACIONES
LINEA DE SECCION
500'
1 000'
1 500'
2 000'
2 500'
3 000'
3 500'
CAMPO QUIRIQUIRE
CURVAS DE NIVEL DE SUBSUELO
EN LA CIMA DEL MIEMBRO ZETA
1 KM

Figura 63

ratorios no comerciales durante el período de 1913 a 1927. En 1928, el pozo Noneb No. 1, fué localizado a base de un grupo de menes en el flanco sur de un anticlinal expuesto al pie de las montañas cretáceas y basándose además en la hipótesis geológica de la migración del petróleo desde la parte más profunda de la cuenca hacia los bordes. El 1o. de junio de 1928, este pozo resultó productor por flujo natural. Los estudios de geología de superficie fueron los que condujeron al descubrimiento de este campo.

La producción de petróleo en Quiriquire se obtiene de la formación Quiriquire del Mioceno-Plioceno, la cual es de origen continental y se compone de una serie de conos de deyección interdigitados y transgresivos. Estos sedimentos fueron depositados discordantemente sobre formaciones más antiguas plegadas, falladas y erosionadas, y que van en edad desde el Cretáceo hasta el Mioceno Inferior. La formación Quiriquire propiamente dicha —589 a 1,467 metros (1,940 a 4,860 pies)—, se subdivide de arriba abajo, por razones de conveniencia, en los miembros Alfa, Beta, Gamma, Delta, Epsilón, Zeta, Eta y Theta. Una discordancia separa el miembro Epsilón del miembro Zeta. Los sedimentos consisten en arcillas interestratificadas con capas de clásticos mal escogidos, que varían en tamaño desde arenas a peñas; arenas limosas y arcillas son muy corrientes. Cerca de la base de la formación se encuentran glauconitas y capas de asfalto sólido. En la mayoría de los sectores del campo no es posible correlacionar arenisca por arenisca de un pozo a otro, debido a los cambios litológicos laterales sumamente rápidos.

Estructuralmente, el campo Quiriquire es un monoclinal con rumbo noreste e inclinación de 4 a 10 grados hacia el sureste. Correlaciones y características de producción indican la existencia de una falla de rumbo norte-sur con un desplazamiento máximo de 76 metros (250 pies) en la parte norte del campo y que desaparece en la parte central.

El campo de Quiriquire es una acumulación de tipo estratigráfico. Los yacimientos son lenticulares, acuñándose buzamiento arriba hacia el norte, y están sellados por asfalto hacia el noreste y suroeste. El área productora está delineada en forma ovalada irregular, de 15 kilómetros según el eje mayor y 8 kilómetros según el eje menor. El espesor máximo de arenisca petrolífera neta es de 233 metros (732 pies) y se encuentra en la parte norte central del campo. El espesor promedio de arena petrolífera neta por pozo es de 63 metros (208

pies). Durante los últimos años un programa intenso de perforación ha establecido finalmente los linderos de la acumulación comercial.

Las principales zonas productoras en la formación Quiriquire son los miembros basales: Zeta, Eta y Theta. Los miembros encima del Zeta son generalmente productores en el borde norte del campo, pero hacia el sur (buzamiento abajo) generalmente contienen agua y petróleo

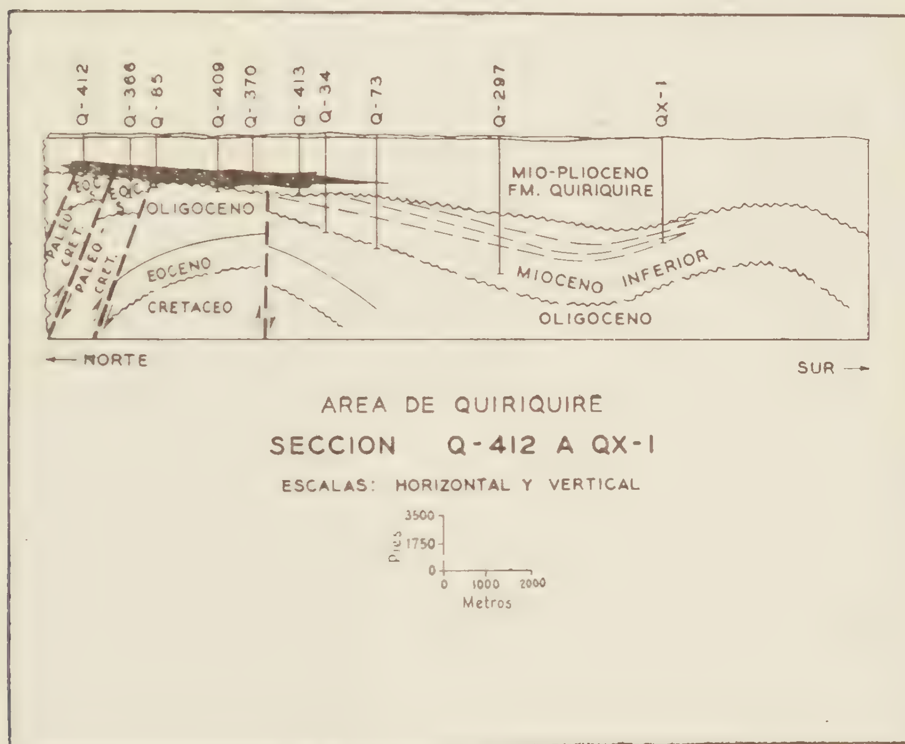


Figura 64

más pesado que el agua. El campo nunca tuvo un casquete original de gas, aunque se encuentran algunas areniscas gasíferas aisladas; éstas probablemente son las cuñas estructuralmente altas de lentes de areniscas petrolíferas. La principal fuente de energía en los yacimientos se cree que es el empuje de gas disuelto; algunas porciones del campo pueden estar afectadas por empuje de agua. A pesar de que la sección productora se compone de innumerables areniscas petrolíferas,

PERFIL COMPUESTO
FORMACION QUIRIQUIRE
CAMPO QUIRIQUIRE

EDAD		MBRO.	MTS	PIES	PERFIL ELECTRICO		OBSERVACIONES
MIO-PLIOCENO	EQUIV. A LAS PIEDRAS	ALPHA	76 - 487	250'-1,600'	PERFIL Q-228		PEÑAS, GUIJARROS, GRAVAS, ARENAS INTERESTRAT. CON ARCILLAS. ALGUNAS SATURACIONES DE PETROLEO MAS PESADO QUE EL AGUA, Y AGUA.
		BETA	152 - 182	500-600'			LITOLOGIA COMO LA DE ARRIBA. INDICACIONES DE PETROLEO MAS PESADO QUE EL AGUA, Y AGUA
		CAM.	94	310'			LITOLOGIA COMO LA DE ARRIBA SATURACION DE PETROLEO MAS PESADO QUE EL AGUA INDICACIONES DE GAS
		DEL	67	220'		SECCION PRODUCTIVA	PRODUCCION DE ARENAS BASALES 18.5° API.
		E P.	85	280'			LITOLOGIA COMO LA DE ARRIBA, PRODUCCION.
	EQUIV. A LA PICA SUP.	ZETA	115 - 144	380'-475'			ESTRATO - GUIA LAMINAR EN EL TOPE PROD. 15° A 21° API.
		ETA	0-190	0'-625'	PERFIL Q-315		PRINCIPAL HORIZONTE PRODUCTOR DEL CAMPO 13° A 29° API SE ACUÑA CONTRA LA DISCORDANCIA HACIA EL LIMITE NORTE DEL CAMPO
		THETA	0-228	0'-750'			LITOLOGIA COMO EN LOS OTROS MIEMBROS PARTE SUPERIOR Y MEDIA SON PRODUCTORES 13° A 17.5° API. ARENAS INFERIORES SATURADAS CON PETROLEOS MAS PESADOS QUE EL AGUA. SE ACUÑA CONTRA LA DISCORDANCIA
MIO. A CRET.							VEASE EL PERFIL COMPUESTO MIOCENO A CRETACEO

PERFIL COMPUESTO
MIOCENO A CRETACEO
AREA DE QUIRIQUIRE

EDAD	FORM	PERFIL E	MTS	PIES	OBSERVACIONES
MIOCENO INFERIOR	LA PICA		1127	3,700'	ARENISCA: GRIS OSCURO, LIMOLITICA, LOCALMENTE CONGLOMERATICA. PETROLEO MAS PESADO QUE EL AGUA A 28.5° API. LUTITA, VERDE A GRIS OSCURO, A NEGRAS BLANDAS A MEDIANAMENTE ENDURECIDAS.
OLIGOCENO	CARAPITA		609	2 000	LUTITA, GRIS OSCURO, MUY BLANDAS.
			152	500	ARENISCA, PETROLEO 15 A 30° API.
			1213	4,000	LUTITA, GRIS OSCURO A NEGRO, BLANDAS A MEDIANAMENTE ENDURECIDAS, LIMOLITICAS, ALGO GLAUCONITICAS.
			137	450	ARENISCA, PETROLEO 15 A 21° API.
EOC. SUP.	MUNDO NUEVO		762	2,500	ARENISCA, LUTITA Y CALIZA ORBITOIDAL, GLAUCONITICA. PETROLEO 11 A 29° API.
PALEO CENO	SANTA ANITA		762	2 500'	ARENISCA, LUTITA Y CALIZA, PETROLEO 15 A 17.9° API.
CRETACEO SUPERIOR	GRUPO GUAYUTA / SER. S. ANITA		365	1200	ARENISCA, ARENISCA ARCILLOSA Y LUTITA.
			609	2,000	LUTITA, NEGRA, MUY ENDURECIDA, CALIZA, NEGRA CONCRECIONARIA; MOLDES DE FOSILES LLENOS DE PETROLEO. MENES DE PETROLEO
CRETACEO INF-MEDIO	GRUPO SUCRE		609	2,000	CALIZA, MENES DE PETROLEO Y GAS.
			2 133	7,000'	ARENISCA Y LUTITA. CALIZA COMUN EN LA PARTE SUPERIOR.

SECCION DE AFLORAMIENTOS

Figura 65

hay tanta intercomunicación a través de los pozos entre areniscas y zonas productoras que el yacimiento se considera ahora como una sola gran unidad. La porosidad promedia de los yacimientos es del 20 por ciento.

La densidad del crudo de Quiriquire varía entre 12 y 28° API, y su contenido de azufre es de 1.2 por ciento. (Figuras 63, 64 y 65).

CAMPO DE PEDERNALES

El campo de Pedernales está situado en la costa venezolana del Golfo de Paria, frente al extremo suroeste de la isla de Trinidad. La región está cubierta por manglares y playones de marea, atravesados por canales del delta del río Oricono. Menes de gas y de petróleo, volcanes de barro y un lago de asfalto atrajeron la atención sobre las posibilidades petrolíferas del área de Pedernales. Ya para el año de 1890 se habían hecho tentativas para obtener producción a poca profundidad cerca del lago de asfalto y para explotar el asfalto del lago mismo. Sin embargo, no fué sino en 1933 cuando el campo fué oficialmente descubierto con la perforación del pozo Paria No. 2, el cual resultó ser un productor de poco volumen. El horizonte productor que actualmente se desarrolla fué descubierto en agosto de 1935 por el pozo PCA-1.

La estructura de Pedernales es una culminación local de un anticlinal diapírico de extensión regional el cual se extiende desde Trinidad a través de Pedernales y hacia el área de Guanipa, al oeste. Este pliegue está complicado no sólo por la intrusión de sedimentos sino también por fallamiento normal. Los flujos de barro y los menes de petróleo y gas ocurren a lo largo de la cresta perforada de la estructura. Se cree que el plegamiento y fallamiento, junto con la lenticularidad de las areniscas, controlan la acumulación del petróleo. La estructura conocida tiene un relieve estructural de por lo menos 1,830 metros (6,000 pies).

La sección estratigráfica en Pedernales se compone de las formaciones La Pica, Las Piedras y "Equivalente de Mesa". La formación La Pica de 2,670 a 2,700 metros (8,827 a 8,872 pies) de espesor, se compone de tres miembros; éstos son de abajo hacia arriba: Amacuro, Pedernales y Cotorra. El miembro Amacuro se compone de arcilla y

lutita gris, blanda interestratificada con arenisca de grano fino a muy fino; produce petróleo comercial en unos pocos pozos. La litología del miembro Pedernales es igual a la del miembro Amacuro infrayacente; el desarrollo de las areniscas es generalmente mejor que en los otros

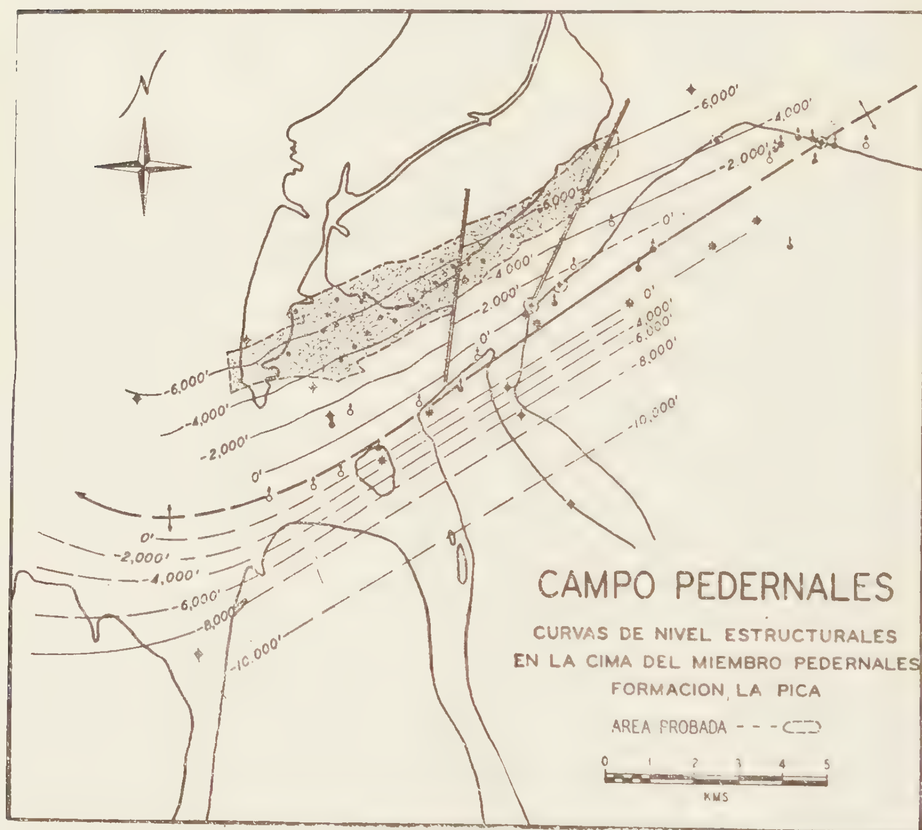


Figura 66

dos miembros de la formación La Pica. Este miembro contiene la sección productora principal del campo. El miembro superior de la formación La Pica es litológicamente similar a los otros dos descritos. Las areniscas de este miembro producen en un pozo petróleo de 17° API y en los demás pozos del campo de Pedernales este miembro contiene petróleo más pesado que el agua o agua salada.

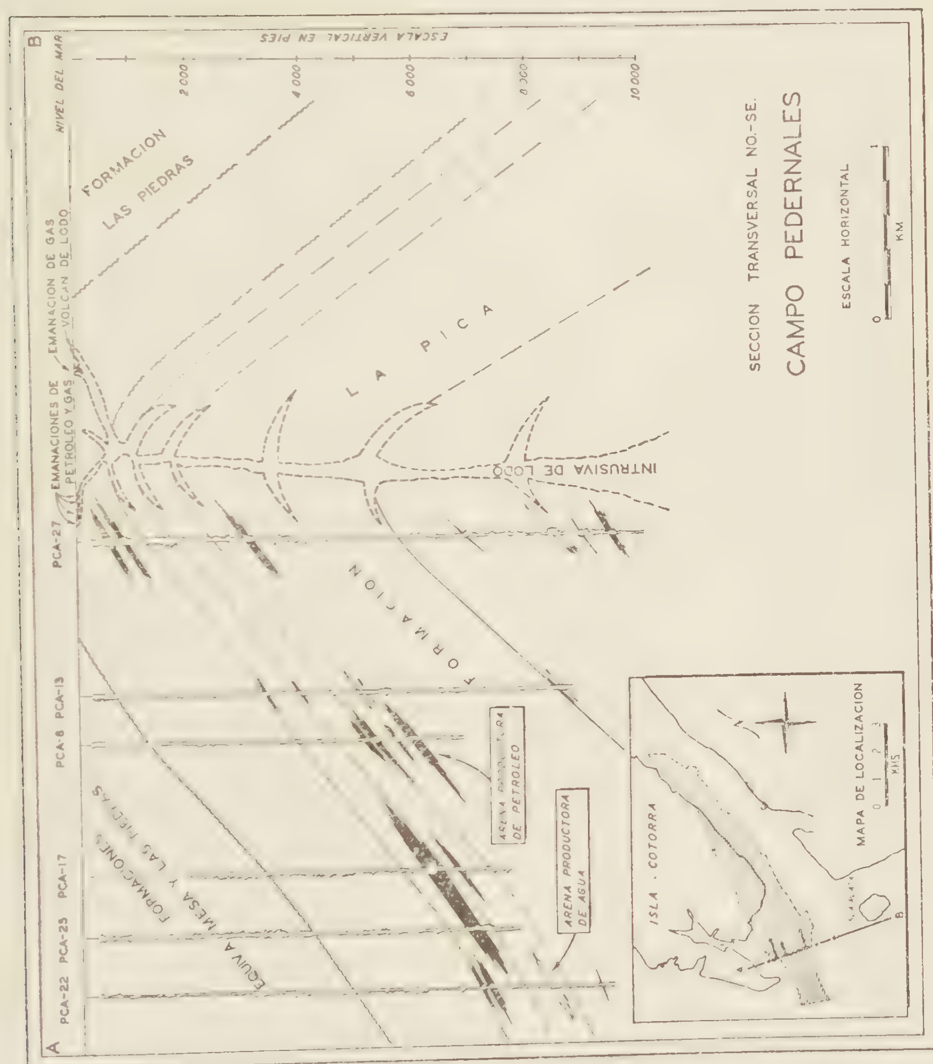
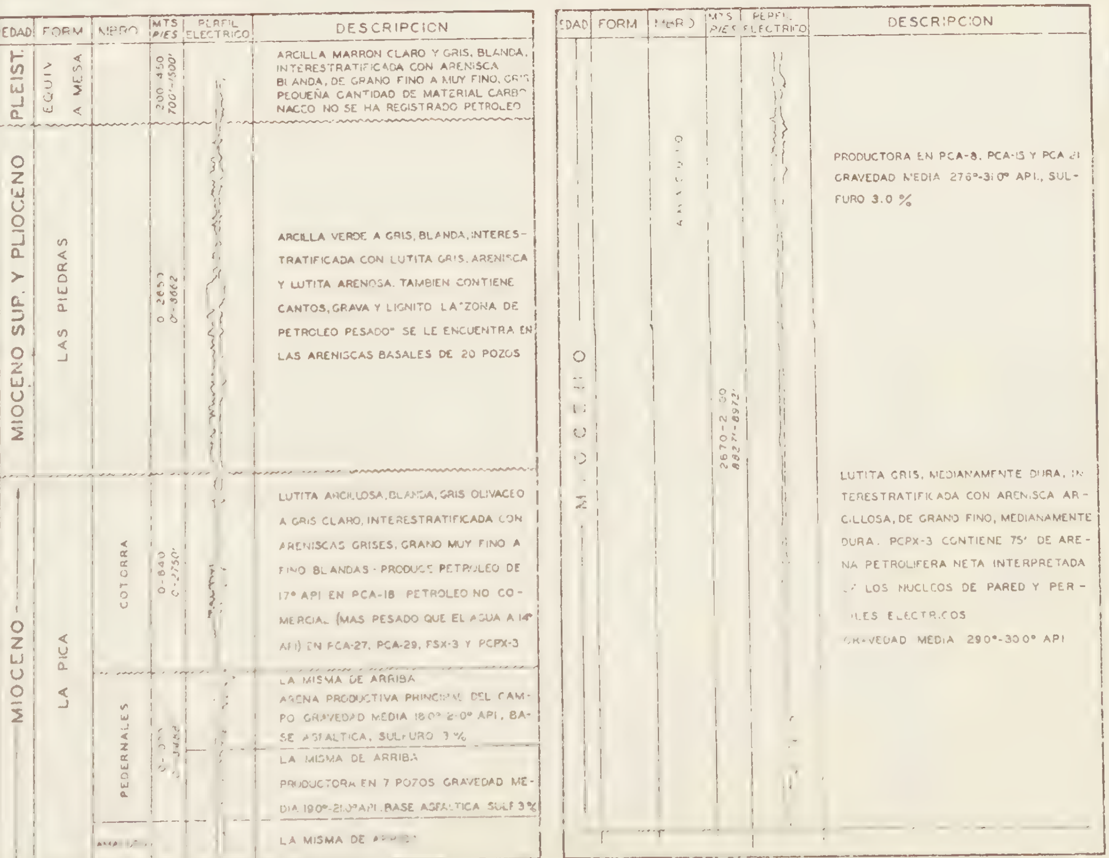

A
B
PCA-22
PCA-25
PCA-17
PCA-8
PCA-13
PCA-27
EMANACIONES DE PETROLEO Y GAS
EMANACION DE GAS VOLCAN DE LODO
NIVEL DEL MAR
ESCALA VERTICAL EN PIES
2000
4000
6000
10000
FORMACION LAS PIEDRAS
LA PICA
INTRUSIVA DE LODO
FORMACION
ARENA PRODUCTORA DE AGUA
DE PETROLEO
SECCION TRANSVERSAL NO.-SE.
CAMPO PEDERNALES
ESCALA HORIZONTAL
0
1
KM
ISLA COTORRA
MAPA DE LOCALIZACION
B

Figura 67



PERFIL ELECTRICO COMPUESTO
CAMPO DE PEDERNALES
EDAD
FORM
MBRO
MTS PIES
PERFIL ELECTRICO
DESCRIPCION
PLEIST.
EQUIV A MESA
200 450
700'-1500'
ARCILLA MARRON CLARO Y GRIS, BLANDA, INTERESTRATIFICADA CON ARENISCA BLANDA, DE GRANO FINO A MUY FINO, GRIS PEQUEÑA CANTIDAD DE MATERIAL CARBONACEO NO SE HA REGISTRADO PETROLEO
MIOCENO SUP. Y PLIOCENO
LAS PIEDRAS
0 2650
0'-8662'
ARCILLA VERDE A GRIS, BLANDA, INTERESTRATIFICADA CON LUTITA GRIS, ARENISCA Y LUTITA ARENOSA. TAMBIEN CONTIENE CANTOS, GRAVA Y LIGNITO. LA "ZONA DE PETROLEO PESADO" SE LE ENCUENTRA EN LAS ARENISCAS BASALES DE 20 POZOS
MIOCENO
LA PICA
COTORRA
0-840
0'-2750'
LUTITA ARCILLOSA, BLANDA, GRIS OLIVACEO A GRIS CLARO, INTERESTRATIFICADA CON ARENISCAS GRISES, GRANO MUY FINO A FINO BLANDAS - PRODUCE PETROLEO DE 17° API EN PCA-18 PETROLEO NO COMERCIAL (MAS PESADO QUE EL AGUA A 14° API) EN PCA-27, PCA-29, FSX-3 Y PCPX-3
PEDERNALES
LA MISMA DE ARRIBA
ARENA PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL CAMPO GRAVEDAD MEDIA
SE ASFALTICA, SULFURO 3 %
LA MISMA DE ARRIBA
PRODUCTORA EN 7 POZOS GRAVEDAD MEDIA 19.0°-21.0° API, BASE ASFALTICA SULF 3 %
LA MISMA DE
MIOCENO
2670-2 80
8827'-8972'
PRODUCTORA EN PCA-8, PCA-15 Y PCA 21 GRAVEDAD MEDIA 27.6°-31.0° API., SULFURO 3.0 %
LUTITA GRIS, MEDIANAMENTE DURA, INTERESTRATIFICADA CON ARENISCA ARCILLOSA, DE GRANO FINO, MEDIANAMENTE DURA. PCPX-3 CONTIENE 75' DE ARENA PETROLIFERA NETA INTERPRETADA LOS NUCLEOS DE PARED Y PERFILES ELECTRICOS
GRAVEDAD MEDIA 29.0°-30.0° API

Figura 68

La formación Las Piedras, de edad Mioceno superior a Plioceno, es discordante sobre la formación La Pica y está compuesta por una serie de arcillas grises a verdes, blandas, interestratificadas con lutitas grises, lutitas arenosas y areniscas poco consolidadas. La formación Las Piedras no produce petróleo en cantidad comercial, pero un grupo de areniscas cerca de la base de la formación contiene petróleo muy pesado; esta sección se denomina "zona de petróleo pesado".

La formación más joven presente en el área de Pedernales es el "Equivalente de Mesa", de edad Pleistoceno y descansa discordantemente sobre la formación Las Piedras. Esta sección tiene de 200 a 450 metros (700 a 1.500 pies) de espesor y está constituída de arcillas blandas, grises a pardo claro, interestratificadas con areniscas blandas de grano fino y color gris.

La producción comercial en el campo de Pedernales está restringida a la formación La Pica, cuyas areniscas se acuñan buzamiento arriba en el flanco norte de la estructura. Estas areniscas muestran gran variación en su desarrollo no solamente en la dirección del buzamiento sino también a lo largo del rumbo, lo que hace casi imposible correlacionarlas de un pozo al siguiente. Una serie de pozos exploratorios ha sido perforada en el flanco sur de la estructura de Pedernales pero ninguno ha logrado encontrar acumulación comercial en ese flanco.

Las areniscas productoras en el campo de Pedernales tienen una porosidad promedia de 27 por ciento y una permeabilidad del orden de 600 milidarcis. La densidad del petróleo varía de 17.7° API a 27.2° API; el crudo más liviano está restringido al miembro Amacuro. El petróleo del campo contiene un porcentaje bastante alto de azufre (3 por ciento) y por esta razón es difícil de refinar. (Figuras 66, 67 y 68).

MÉTODOS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN LOS PRINCIPALES CAMPOS PETROLEROS

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Aun cuando la explotación comercial del petróleo en Venezuela comenzó en el año 1878, los primeros indicios de la enorme industria actual, no aparecieron sino hasta 1914 con el descubrimiento del Cam-

po Mene Grande por la Caribbean Petroleum Company, posteriormente absorbida por el grupo Shell. La magnitud de los nuevos descubrimientos en el área del Distrito Bolívar se dió a conocer al mundo en 1922 con la noticia de que el pozo Los Barrosos No. 2 estaba produciendo fuera de control a una rata estimada en 100.000 barriles (16,000 metros cúbicos) por día. Las grandes posibilidades del Oriente de Venezuela se pusieron de manifiesto en 1928 con el descubrimiento del Campo Quiriquire por la Standard Oil of Venezuela, actualmente Creole Petroleum Corporation. Tomando como base su rendimiento actual, los descubrimientos posteriores más importantes fueron: el Campo Oficina en 1937, la producción del Eoceno en los campos del Distrito Bolívar en 1939, y la de las calizas del Cretáceo en el Campo La Paz en 1944. En los últimos años se han descubierto campos de importancia al noreste de Oficina, en Guárico y Barinas Las más recientes e importantes adiciones a las reservas nacionales son la producción del Eoceno de los campos del Distrito Bolívar, la cual fué extendida hacia el centro del Lago de Maracaibo y la expansión de la producción de petróleo pesado en el Campo Boscán.

EXPLORACIÓN

Un aspecto importante de los campos petroleros de Venezuela es la gran abundancia de trampas estratigráficas. Es imposible hacer una demarcación exacta entre las reservas provenientes de petróleo atrapado estratigráficamente y las acumulaciones controladas estructuralmente, ya que los dos casos están inter-relacionados en la mayoría de los campos. Sin embargo, se considera que más del 50 por ciento de las reservas actualmente establecidas están primordialmente en trampas del tipo estratigráfico. Estas incluyen algunos de los campos más importantes: la mayoría de los inmensos yacimientos del Distrito Bolívar y el campo Mene Grande en el Occidente, el campo Quiriquire y el de Jusepín en el Oriente. Es importante hacer notar que durante la primera etapa del desarrollo de la industria petrolera venezolana, la mayor parte de estos grandes yacimientos se manifestaron por medio de resumideros.

Después del éxito inicial obtenido mediante perforaciones cerca de resumideros, el método más importante y moderno de exploración es el del sismógrafo de reflexión: algunos descubrimientos importantes

son atribuídos a investigaciones de geología de superficie. El sondeo estructural, el gravímetro y el magnetómetro han sido utilizados como métodos auxiliares, o bien con el fin de obtener control regional. (Figuras 69 y 70. Cuadro No. 1).

Pocos son los campos que deben su descubrimiento a investigaciones de geología del subsuelo, aunque bien es verdad que la mayoría de las extensiones y nuevos yacimientos se ha encontrado mediante tales estudios. La información del subsuelo, obtenida de relativamente pocos pozos exploratorios, aún es insuficiente para suministrar los datos necesarios para que se pueda hacer uso efectivo de este método de exploración. Los adelantos alcanzados en la técnica de registros eléctricos y la interpretación de los mismos, han sido muy importantes para la evaluación de las reservas en los últimos tiempos. Debido a estos adelantos y a que hoy en día se puede perforar a gran velocidad, el taladro mismo se ha convertido en un importante instrumento de exploración en áreas ricas en petróleo. Este método se ha venido llamando de diversos modos, tales como "pruebas estratigráficas", "sondeos de exploración geológica" o "sondeos estructurales", y han dado resultados satisfactorios en la región de Oficina y en Guárico central.

El descubrimiento de importantes reservas se debe a perforaciones más profundas en áreas ya probadas, como por ejemplo: la producción del Eoceno en el Lago de Maracaibo, la del Cretáceo y del basamento en Mara, La Paz y Concepción, la de la sección pre-La Pica en Jusepín, y la de gas del Eoceno en el Campo Quiriquire.

PERFORACIÓN

Hasta fines de 1955 se habían perforado en Venezuela un total de 16,807 pozos. En 1955 se perforaron 1,217 pozos utilizando 100 taladros. En los últimos años el porcentaje de éxitos, tanto de perforaciones de explotación como de pozos exploratorios, ha sido bastante alto; en el caso de pozos de explotación alcanzó a un 95 por ciento y en el de pozos exploratorios en busca de nuevos campos a un 33 por ciento. (Figuras 71 y 72. Cuadro No. 2).

En el año de 1955 se sostuvo este alto porcentaje de pozos petroleros completados, según se puede observar del siguiente resumen:

CUADRO No. 1

OPERACIONES DE EXPLORACION

AÑOS 1948-1955

AÑO	GEOLOGÍA DE SUPERFICIE		GRAVÍMETRO		SISMÓGRAFO		SONDEOS ESTRUCTURALES	
	Superficie Cubierta Has. Acs.°	Promedio Cuadrillas Meses	Superficie Cubierta Has. Acs.°	Promedio Cuadrillas Meses	Superficie Cubierta Has. Acs.°	Promedio Cuadrillas Meses	Superficie Cubierta Has. Acs.°	Promedio Cuadrillas Meses
1948	3.696.500 9.134.421°	13.4	1.584.675 3.915.890°	7.4	1.070.410 2.645.090°	21.0	67.430 166.626°	4.8
1949	4.962.220 12.262.142°	16.0	1.519.100 3.753.848°	5.0	1.003.778 2.480.436°	18.8	56.700 140.111°	4.0
1950	3.304.350 8.165.379°	11.7	985.000 2.434.033°	3.0	1.400.590 3.460.998°	12.1	12.559 31.012°	1.9
1951	2.233.922 5.520.024°	14.3	119.945 296.396°	2.1	1.353.214 3.343.927°	13.9	130.310 322.009°	2.9
1952	2.340.000 5.782.374°	12.0	470.000 1.161.417	3.0	1.420.000 3.508.962°	14.0	60.369 149.156°	6.0
1953	4.859.900 12.009.299°	11.8	1.240.460 3.065.301°	3.2	2.208.755 5.458.054°	17.0	35.900 88.712°	1.1
1954	4.144.400 10.241.227°	8.7	1.191.000 2.943.080°	6.0	1.350.988 3.338.426°	17.8	53.500 132.204°	2.0
1955	2.024.403 5.002.502°	9.6	973.260 2.405.023°	2.8	4.461.343 11.025.660°	16.0	12.700 31.383°	1.3

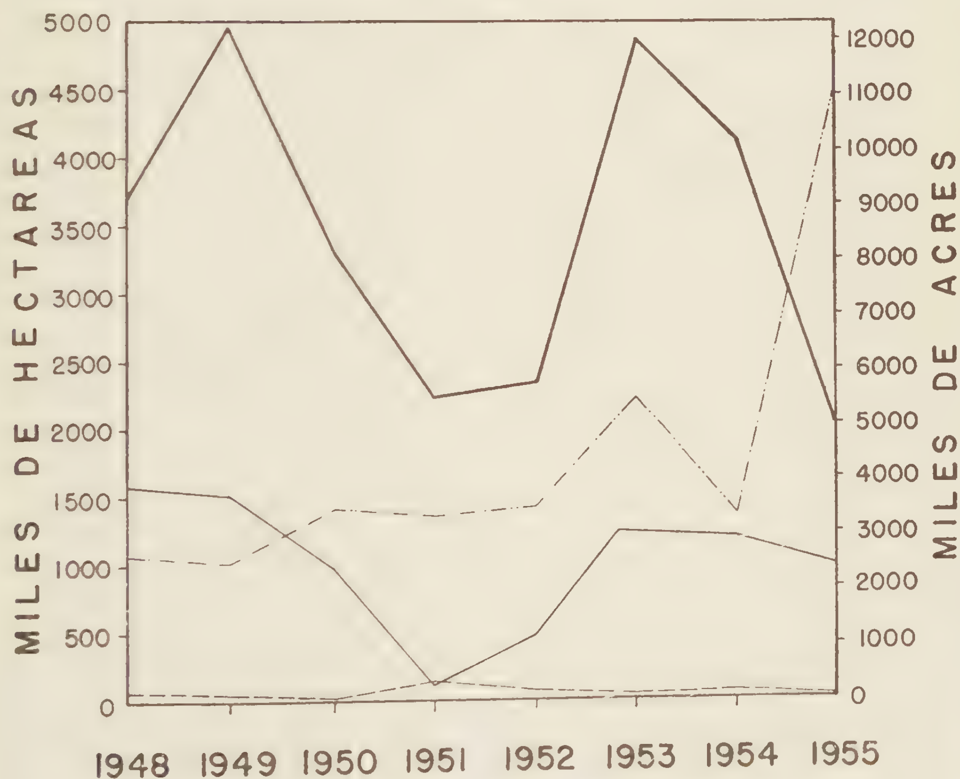
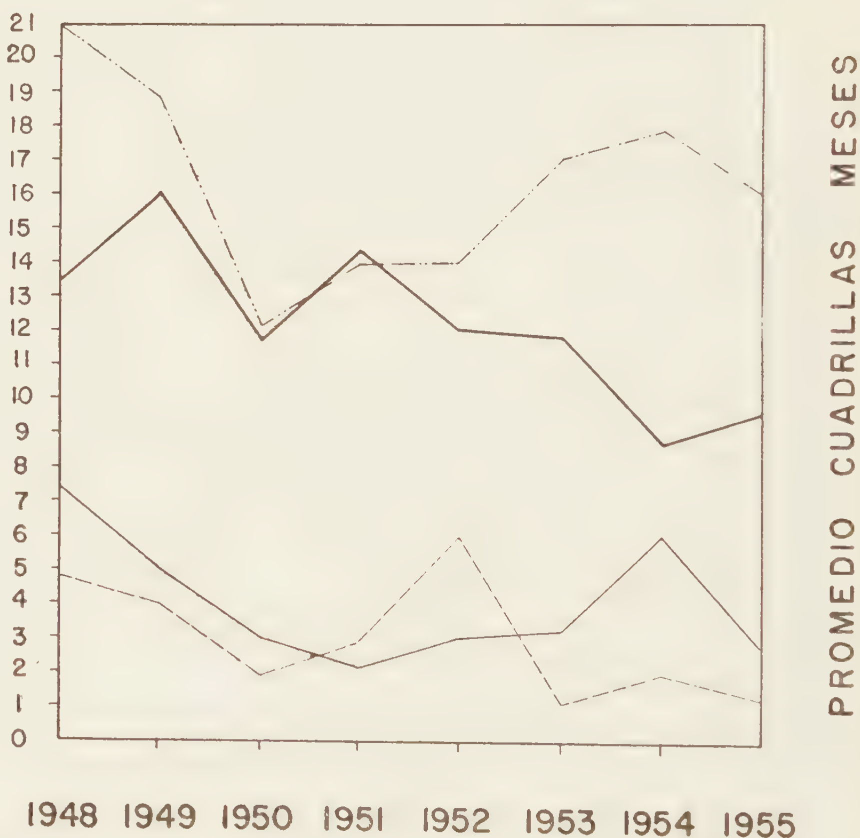

EXPLORACION
AÑOS 1948-1955
EXPLORACION GEOLOGICA
" SISMOGRAFICA
" GRAVIMETRICA
SONDEOS ESTRUCTURALES
MILES DE HECTAREAS
MILES DE ACRES
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 69

EXPLORACION

AÑOS 1948-1955

GEOLOGIA SUPERFICIE
SISMOGRAFO
GRAVIMETRO
SONDEOS ESTRUCTURALES

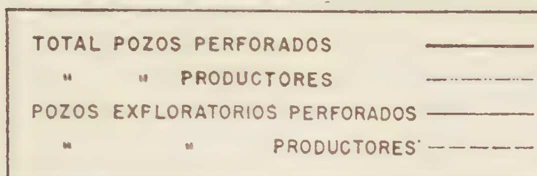


MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 70

PERFORACION

AÑOS 1948 – 1955



1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

NUMERO DE POZOS

1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 71

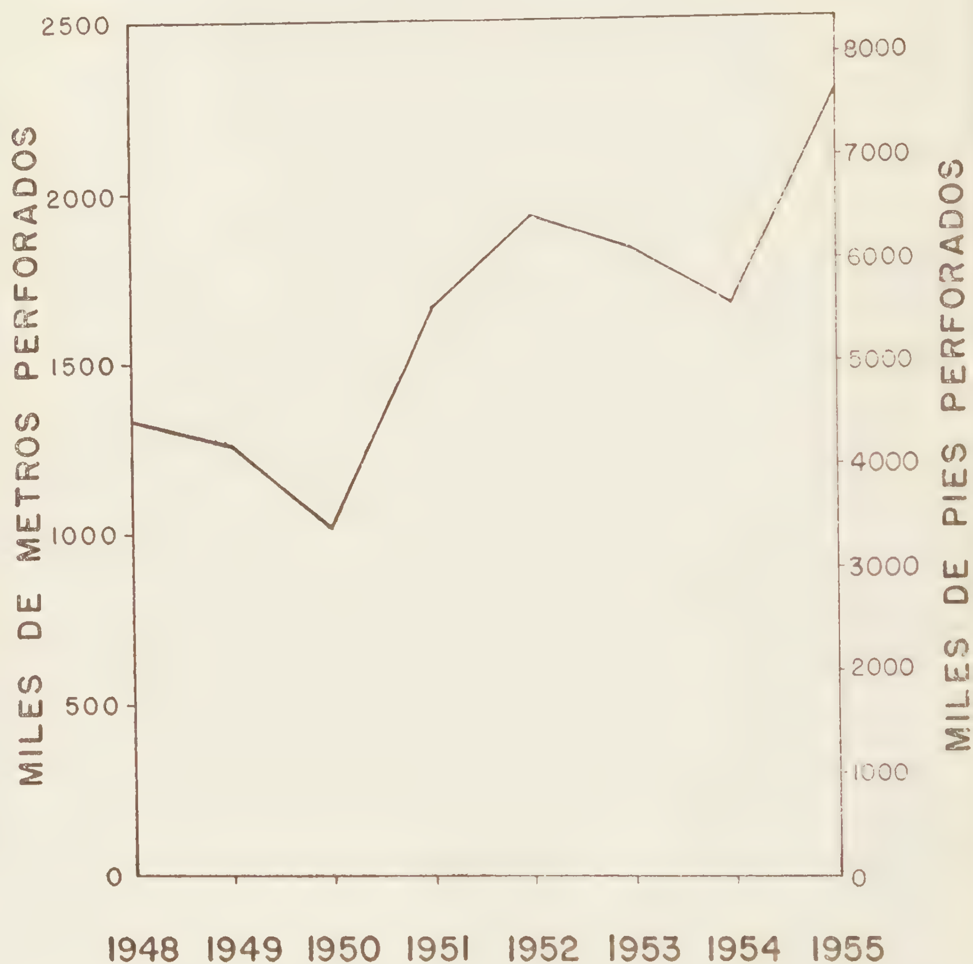

PERFORACION
AÑOS 1948-1955
MILES DE METROS PERFORADOS
MILES DE PIES PERFORADOS
2500
2000
1500
1000
500
0
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 72

de 60 pozos exploratorios en busca de nuevos campos se completaron el 36%

de 111 pozos en busca de nuevos yacimientos dentro de campos establecidos, se completaron el 39%

de 302 pozos semi-exploratorios se completaron 89%

de 690 pozos de explotación se completaron el 99%

Las perforaciones se han hecho con taladros operados directamente por las Compañías o contratados por ellas, adaptando los equipos de perforación, así como la técnica, a las condiciones especiales que se encuentran en varias partes de Venezuela.

Los operadores de Venezuela son pioneros en el desarrollo de métodos para la explotación de áreas cubiertas por agua como en el Lago de Maracaibo. Con pilotes prefabricados de concreto o de acero, y con encofrados para aguas de hasta 30 metros (100 pies) de profundidad, se construyen plataformas individuales para cada pozo. En el Oriente de Venezuela, en el Campo Pedernales, se ha perforado un área cubierta por aguas de poca profundidad utilizando pilotes o gabarras.

Corrientemente se siguen procedimientos de perforación de uso general, utilizando las técnicas más eficientes y los equipos más modernos. De capital importancia económica durante los últimos años, ha sido el gran aumento en la velocidad de perforación, lo cual se ha logrado mediante una cuidadosa supervisión técnica y equipos mejorados que incluyen mayor peso sobre la mecha, nuevos tipos de mechas, y bombas de lodo de mayor tamaño que permiten mayor presión a altas ratas de circulación.

Los equipos de perforación a vapor que se usaban en el pasado han sido casi totalmente reemplazados por taladros Diesel, en pozos que no exceden de 3,000 metros (9,900 pies). Los lodos de emulsión de petróleo han suplantado a otros tipos de lodo para operaciones comunes de perforación, aunque aún se utilizan otros tipos de lodo para pozos exploratorios y agua para perforar a poca profundidad en el Lago de Maracaibo y para perforar las calizas del Cretáceo donde la pérdida de circulación constituye un problema.

La perforación raras veces envuelve peligros extraordinarios, salvo en casos excepcionales. Existen presiones subterráneas anormalmente altas en el área de Pedernales y en la extensión de este anticlinal en

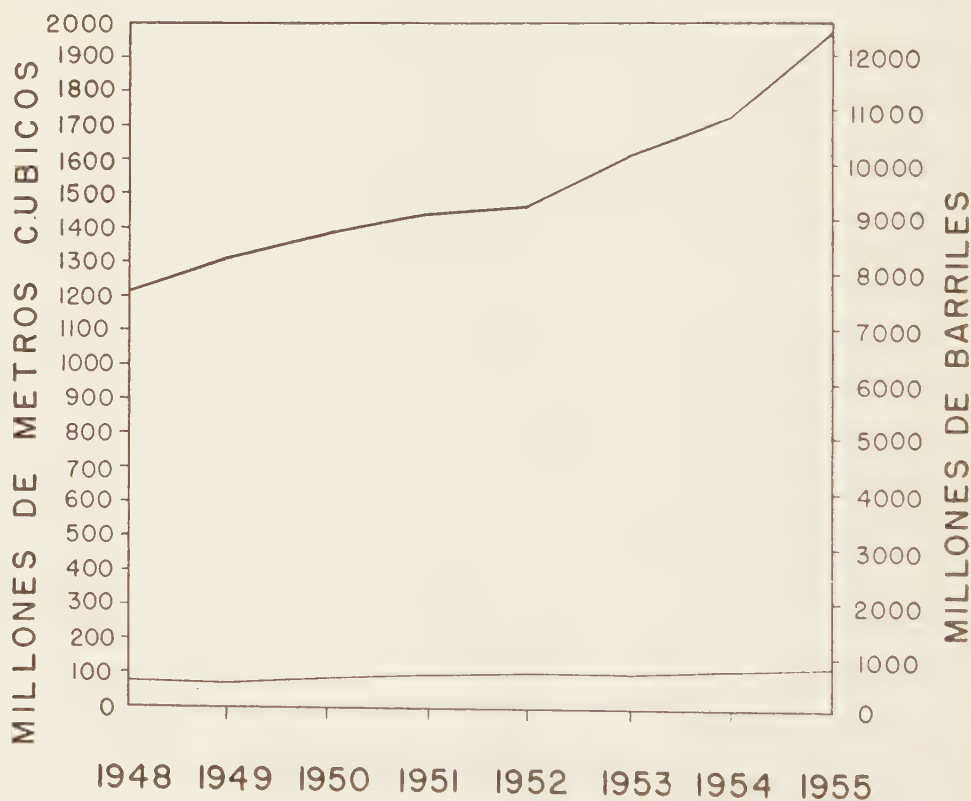

RESERVAS
Y
PRODUCCION DE PETROLEO
AÑOS 1948 — 1955
RESERVAS
PRODUCCION
MILLONES DE METROS CUBICOS
MILLONES DE BARRILES
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 73

el norte de Monagas. Actualmente se utilizan lodos especiales de mayor peso y a base de cal para contrarrestar estas presiones y las arcillas incompetentes y flujos de lodo que las acompañan. Es necesario tener precaución contra desviaciones excesivas en las capas de alto buzamiento en el campo de Pedernales, en los campos situados en el rumbo general de Anaco y en los flancos de gran inclinación de las estructuras altamente plegadas en el occidente de Venezuela; en otras partes el buzamiento generalmente es de 10 grados o menos.

PRODUCCIÓN

La operación de los campos como unidades ha contribuído mucho para lograr una explotación eficiente de los mismos. La mayoría de los campos en Venezuela son explotados por un solo concesionario, o cuando más por cuatro; en cada campo generalmente se usan de uno a cuatro taladros para perforaciones de explotación. En la mayoría de los campos con más de un operador, la operación se realiza como una unidad, llegándose siempre a convenios de cooperación con referencia a pozos contrarrestantes, espaciado y ratas de producción. De esta manera se asegura una explotación ordenada de los campos, se determinan las ratas de producción más convenientes, y la pronta iniciación de operaciones secundarias de recuperación.

Los programas de explotación y sistemas de producción han sido adaptados a las condiciones especiales que se encuentran en las diferentes partes de Venezuela. El espaciado varía de acuerdo con las condiciones locales.

En los campos cuya producción proviene de las calizas del Cretáceo, de los cuales es ejemplo típico el Campo Mara en el Occidente de Venezuela, la explotación se realiza mediante un espaciado amplio (1,200 metros entre pozos), 144 hectáreas o 356 acres por pozo. Se coloca la tubería de revestimiento hasta el tope de la formación productora y se completa el pozo sin tubería de revestimiento en dicha zona. La producción, proveniente de grietas y fracturas en calizas y rocas del basamento, se estimula a veces mediante acidificación. En otras partes de Venezuela, casi toda la producción se obtiene de yacimientos compuestos de arenisca. La tubería de revestimiento se coloca a través de la sección productora y para completar el pozo se perfora con balas, o bien se coloca la tubería de revestimiento más arriba de la

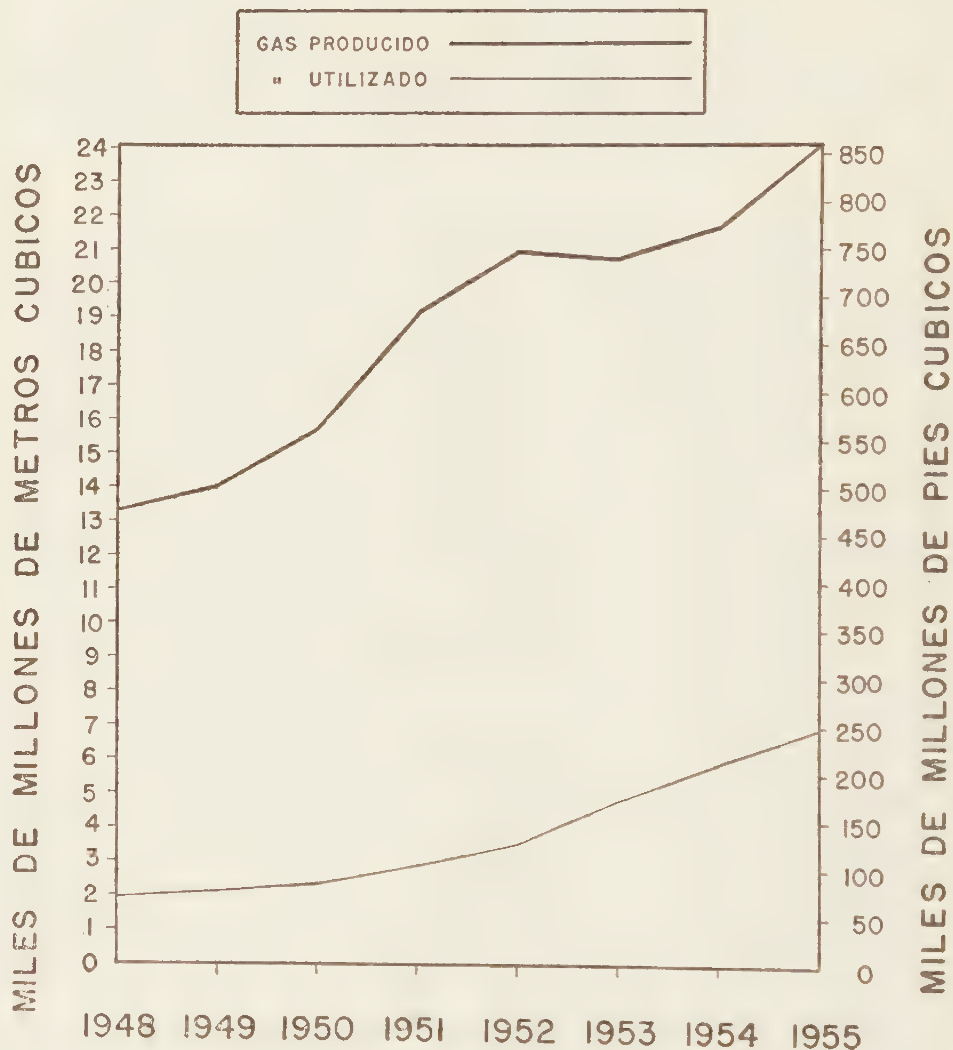

PRODUCCION DE GAS
AÑOS 1948-1955
GAS PRODUCIDO
" UTILIZADO
MILES DE MILLONES DE METROS CUBICOS
MILES DE MILLONES DE PIES CUBICOS
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
850
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 74

sección productora y una tubería perforada a través de la arena petrolífera. Los pozos productores de dos zonas son comunes y hay algunos pozos que han sido completados en tres zonas. Como medida de recuperación artificial se utilizan bombas y equipos para obtener producción mediante presión de gas cuando los pozos cesan de producir por flujo natural.

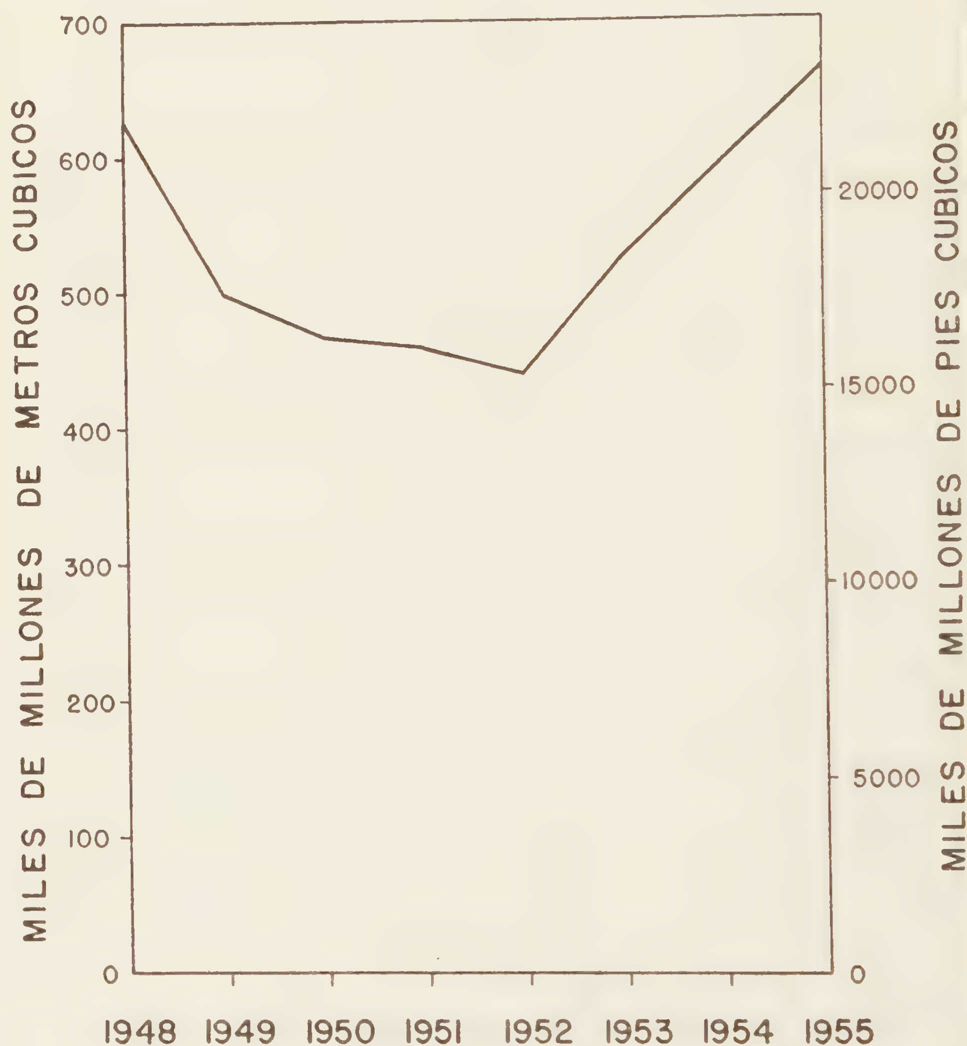
CONSERVACIÓN

Gracias a que las operaciones se realizan como unidades, la centralización de responsabilidades y el cuidadoso suministro de informes han simplificado las cosas de manera que el Gobierno y las Compañías pueden cooperar en el mantenimiento de sistemas de conservación. No existe prorateo: las ratas de producción quedan determinadas por procedimientos apropiados de ingeniería y la demanda en el mercado. Las relaciones gas-petróleo son altas únicamente en aquellos casos donde una producción a baja relación es imposible.

Cada año se utilizan mayores porcentajes de gas para la restauración de la presión en yacimientos petrolíferos y para usos industriales. El porcentaje actual de utilización es de aproximadamente 35 por ciento.

La restauración de presión mediante el gas se está empleando en un número de yacimientos cada vez mayor, contándose entre los más importantes el área de Tía Juana en el Distrito Bolívar en el occidente de Venezuela y los Campos Santa Rosa y Guara Oeste en el Oriente.

La Creole ha iniciado un programa de gran alcance para mantener la presión en la arena B-6-X del Eoceno, en una zona de 3,020 hectáreas (9.800 acres) en el Lago. Se construyó una planta sobre una plataforma en el Lago, la cual fué puesta en operación en el mes de octubre de 1954. El gas, quemado anteriormente mediante mechuzos, es recogido y comprimido en siete etapas, utilizando 60.000 caballos de fuerza hasta una presión de 1,935 psig. (pie por pulgada cuadrada en la superficie). La rata actual de inyección es de 165 millones de pies cúbicos por día de aducción. Actualmente se está construyendo una segunda planta de tamaño aún mayor, a una distancia de nueve kilómetros de la primera; la nueva planta tendrá 96,000 caballos de fuerza y será capaz de inyectar 300 millones de pies cúbicos en los



RESERVAS DE GAS
AÑOS 1948 - 1955
MILES DE MILLONES DE METROS CUBICOS
MILES DE MILLONES DE PIES CUBICOS
700
600
500
400
300
200
100
0
20000
15000
10000
5000
0
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS

Figura 75

Cuadro No. 2

PERFORACION

Años 1948-1955

Año	Total Pozos Perforados Completados	Total Pozos Perforados Productores	Pozos Exploratorios Completados	Pozos Exploratorios Productores	Total Metros Perforados / Total Pies Perforados
1948	887	752	55	14	1.327.738 m 4.354.981 '
1949	682	548	71	19	1.263.386 m 4.143.906 '
1950	677	536	60	14	1.023.442 m 3.356.890 '
1951	1.208	1.054	112	34	1.661.703 m 5.450.386 '
1952	1.340	1.190	117	47	1.933.870 m 6.343.094 '
1953	951	793	134	56	1.335.104 m 6.019.141 '
1954	836	693	170	74	1.674.786 m 5.493.298 '
1955	1.217	1.026	171	76	2.281.792 m 7.484.278 '

Cuadro No. 3

PRODUCCION Y RESERVAS DE PETROLEO

Años 1948-1955

Año	Reservas M^3	Producción M^3	Reservas Bbls	Producción Bbls
1948	1.215.328.994	77.903.910	7.644.176.306	489.998.455
1949	1.308.959.012	76.679.305	8.233.090.394	482.299.104
1950	1.386.486.038	86.928.850	8.720.719.882	546.763.971
1951	1.440.518.014	98.921.500	9.060.570.204	622.194.472
1952	1.465.568.000	101.963.849	9.218.129.606	660.230.967
1953	1.614.471.088	102.423 435	10.154.700.249	644.222.921
1954	1.721.411.000	109.985.657	10.827.330.908	691.787.785
1955	1.976.575.280	125.184.246	12.432.263.220	787.383.872

Cuadro No. 4

PRODUCCION Y RESERVAS DE GAS

Años 1948-1955

Años	Reservas de Gas M3	Gas Producido M3	Gas Utilizado M3	Reservas de Gas Pies3	Gas Producido Pies3	Gas Utilizado Pies3
1948	626.805.000.000	13.314.248.000	1.934.763.000	22.029.673.575.000	470.192.668.000	68.326.155.000
1949	498.254.000.000	14.065.788.650	2.094.709.326	17.595.840.010.000	496.733.326.000	73.974.660.000
1950	466.308.000.000	15.775.570.984	2.306.994.460	16.467.667.020.000	557.114.289.000	81.471.509.000
1951	459.655.000.000	19.113.182.870	2.901.965.890	16.232.716.325.000	674.982.053.000	102.482.925.000
1952	440.973.000.000	20.874.436.809	3.552.406.052	15.572.961.495.000	737.180.736.000	125.453.220.000
1953	524.270.000.000	20.677.244.685	4.835.209.306	18.514.595.050.000	730.216.896.000	170.755.417.000
1954	595.125.000.000	21.634.899.000	5.931.411.000	21.016.839.375.000	764.036.458.000	209.573.724.000
1955	662.434.068.000	24.113.612.000	6.955.539.000	23.393.859.116.000	851.572.207.780	245.634.859.785

yacimientos del Eoceno. La construcción de esta planta quedará concluída en el primer trimestre de 1957.

Gracias a la técnica altamente eficiente usada en la exploración y perforación y a las prácticas apropiadas de conservación, la producción y las reservas de petróleo han ido en aumento cada día. De la misma manera han aumentado también las reservas, la producción y utilización del gas. (Figuras 73, 74 y 75. Cuadros Nos. 3 y 4).

Para finalizar se presentan seis cuadros (Nos. 5, 6, 7, 8, 9 y 10), con un resumen del desarrollo de los campos petroleros de Venezuela hasta el 1o. de enero de 1956.

RESUMEN DE LOS CAMPOS PETROLEROS DE VENEZUELA

Hasta el 1° de Enero de 1956

LINEA N°	AREA CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCUBRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	GRAVEDAD API TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
	ESTE DE VENEZUELA Area Oficina								
1	Adobe/Junta/Oritupano	Atlantic	1953	452 183°	1.602.167 255.680°	974.896 154.997°	((14-29 A	((Oficina	Oligoceno
		Mene Grande		146 59°	102.214 16.251°	11.502 1.829°	((	((	
2	Boca/Boca E./Cachama/Chimire/ Chimire N./Pradera	Mene Grande		9.258 3.748°	66.954.078 10.644.911°	9.509.572 1.511.910°	((24-48 M	((Oficina	Oligoceno
		Socony	1949	9.475 3.836°	57.576.995 9.154.065°	8.584.475 1.364.831°	((	((	
3	Cactos/Caico Seco/Caico E./ Jagua/Caobo/Tascabaña	Mene Grande	1946	2.579 1.044°	10.268.885 1.632.632°	1.958.722 311.414°	36 M	Oficina	Oligoceno
4	Cantaura	Socony	1952	50 20°	19.629 3.121°	225 36°	43 M	Oficina	Oligoceno
5	Dación	Mene Grande	1950	6.637 2.687°	41.959.185 6.671.017°	10.017.041 1.592.592°	21 A	Oficina	Oligoceno
6	Flecha/Freites/Fria	Mene Grande	1951	469 190°	597.911 95.061°	313.841 49.897°	24-35 M	Oficina	Oligoceno
7	Guara (Oeste y Este)/Guico Gallo/Guacos/Ganso/Galgos/Garzas	Mene Grande	1941	14.700 5.994°	247.339.431 39.324.061°	18.094.098 2.876.749°	(14-35 A	(Oficina	Oligoceno
		Socony		1.950 789°	45.394.720 7.217.227°	2.143.536 340.797°	(	(	
8	Güere	Sinclair	1950	5.000 2.024°	14.404.043 2.290.073°	3.586.753 570.252°	([illegible]	(Oficina	Oligoceno
		Mene Grande	-	151 61°	591 94°	0 0°	((	((	
9	Inca/Isla/Ibi	Mene Grande	1948	479 194°	910.757 144.931°	200.076 31.810°	34-41 M	Oficina	Oligoceno
10	La Ceibita	Socony	1953	840 340°	826.263 131.360°	201.191 32.144°	31-41 M	Oficina	Oligoceno
11	Leona/Lido/Limón/Lobo	Mene Grande	1938	10.557 4.274°	[illegible] 4.520.349°	[illegible] 733.[illegible]°	20-30 A	Oficina	Oligoceno
12	Los Mangos/Manteco/Manuev	Mene Grande	1950	309 125°	600.529 95.477°	118.011 18.762°	40 M	Oficina	Oligoceno
13	Merey/Areo/Melones/Merlas	Mene Grande	1934	2.403 973°	4.154.898 660.580°	1.591.967 253.104°	15 A	Oficina	Oligoceno
14	Nipa/Antonio/Chive/Nardo/Nido Nieblas/Nigua/Nubes/Nueces/Napa	Mene Grande	1945	20.375 8.249°	89.799.423 14.276.893°	18.135.182 2.883.291°	((27-54 M	((Oficina	Oligoceno
		Socony		1.750 709°	19.656.879 3.125.213°	2.063.255 328.033°	((	((	
15	Oficina/Esquina/Oca/Oleos/Crión Cutra/Oveja/Trico	Mene Grande	1937	33.617 13.610°	279.303.118 44.390.012°	20.584.821 3.272.744°	(18-33 M	(Oficina	Oligoceno
		Socony		135 55°	603.675 95.977°	49.314 7.840°	((	((	
16	Soto/Soto E./Aramuel/Maniri Siglo/Silla/Suelo/Tacuco/Freites Soyas/Santa Fé.	Mene Grande	1949	12.441 5.037°	52.587.161 8.360.746°	12.399.149 1.971.319°	(22-59 A	(Oficina	Oligoceno
		Socony		3.915 1.585°	16.390.741 2.605.935°	4.654.153 741.549°	((	((	

LINEA Nº	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES - METROS *	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1956	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955			TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO	NOTAS
					FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS			
1	6463-8322) 1970-2537*)	17	1	5	8	7	0	Monoclinal con fallas	Sismo. y Perf.Estruct.	
	)	8	4	4	0	0	0			
2	6000-8698) 1829-2651*)	148	0	0	70	12	0	"	"	
	)	138	2	0	58	6	1			
3	6300-8100 1920-2469*	60	2	0	18	11	3	"	"	
4	10.638-10.[illegible] 3242-32[illegible]*	1	0	0	0	0	0	Estratigráfica	Sismógrafo	
5	4200-[illegible] 1280-2012*	108	0	0	68	22	0	Monoclinal con fallas	Sismo. y Perf.Estruct.	
6	4050-6200 1234-1890*	8	1	0	4	0	0	"	"	
7	4400-7800 1341-2377*)	343	22	1	116	116	0	"	Sismo.y Geología de Subsuelo	
	)	70	0	0	20	26	0			
8	7600-8400) 231[illegible]-256[illegible]*)	65	2	1	23	12	0	"	Sismógrafo	
		2	0	0	0	0	0			
9	[illegible]	13	1	0	2	0	0	"	Sismo.y Perf. Estruct.	
10	9867-11.0[illegible] 3007-3[illegible]*	5	1	0	1	0	0	"	Sismógrafo	
11	6[illegible]-[illegible]900 185[illegible]-[illegible]*	[illegible]	1[illegible]	1	36	20	3	"	Sismo.y Perf. Estruct.	
12	[illegible]	[illegible]	0	1	1	0	0	"	Sismógrafo	
13	[illegible]	5[illegible]	[illegible]	1	2	30	0	"	Sismo.y Perf. Estruct.	
14	[illegible]	247	47	1	146	26	2	"	"	
	)	33	1	0	22	2	0			
15	4000-6900) 1219-2103*)	572	22	1	127	192	1	"	Palanza de torsión,Sismo. y Perf. Estruct	
	)	3	0	0	2	0	0			
16	7750-11.800) 2362-3597*)	161	11	1	85	36	0	"	Sismo.y Perf. Estruct.	
	)	54	8	0	30	0	0			

LINEA Nº	AREA - CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCUBRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1955 BARRILES MTS.CUBICOS *	GRAVEDAD API TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
17	Yopales/Yare/Yagure/Yuca/Yoyos Yolos/Yugos/Yutes/Yerbas/Yemas	Mene Grande	1937	2.944 1.200•	10.510.068 1.670.977•	1.321.321 210.075•	18-38 A	Oficina	Oligoceno
	Agua Clara/Moquete								
18	Zeta/Mata/Mata N./Oscurote Oscurote N./Zumos/Zumo N.	Mene Grande		5.073 2.054•	9.982.571 1.587.111•	7.670.754 1.219.560•	((22-50 M	(Oficina (	Oligoceno
	Zapatos/Aguasay/Zorro	Socony		4.110 1.664•	6.204.468 986.437	5.467.308 8[illegible]5.317•	((	((	
		Texas	1951	8.838 3.578•	9.328.958 1.483.195•	4.419.432 702.638•	((	((	
		Sinclair		100 40•	23.052 3.665•	23.052 3.665•	((	((	
	Campos Inactivos								
19	Pelayo/Pelas	Atlantic	1947	120 49•	245.799 39.079•				
20	Socororo	Atlantic	1940	40 16•	17.234 1.945*				
	Area Cascaroncito								
21	Casca/Casón	Mene Grande	1953	168 68•	17.531 2.787•	5.257 836•	39 P	Oficina	Oligoceno
	Area Anaco								
22	El Roble/Anaco	Creole	1939	6.853 2.774•	13.849.717 2.201.942•	73.289 11.652•	((44-50 P	(Oficina (Periquito	Oligoceno
		Socony		400 162•	15.317 2.435•	0 0	((	((	
		Pantepec		14.282 5.782•	7.505.885 1.193.347•	694.816 110.468•	((	((	
23	Guario/San Joaquín	Socony	1939	2.860 1.158•	26.901.912 4.277.088•	2.300.782 365.797•	((39-46 P	(Oficina (Periquito	Oligoceno
		Creole		9.659 3.911•	50.428.692 8.017.569•	3.111.501 494.692•	((	((	
		Pantepec		207 84•	5.524.287 878.297•	652.468 103.735•	((		
24	San Roque	Phillips	1949	4.379 1.773•	14.438.542 2.295.558•	1.810.849 287.904•	38-65 P	Oficina Periquito	Oligoceno
25	Santa Ana/Rincón Largo	Mene Grande	1936	7.655 3.099•	22.318.740 3.548.417•	4.998.061 794.633•	35 P	Oficina Periquito	Oligoceno
		Texas		450 182•	6.831.588 1.086.142•	391.740 62.282•	44 P	Oficina Periquito	
26	Santa Rosa	Mene Grande	1941	18.140 7.344•	25.691.131 4.084.588•	4.520.945 718.777•	40 P	Oficina Periquito	Oligoceno
27	Toco/Apamate	Mene Grande	1948	9.275 3.755•	9.762.448 1.552.114•	1.364.449 216.931•	38 P	Oficina Periquito	Oligoceno
	Campos Inactivos								
28	Las Ollas	Creole	1941	40 16•	4.648 739•	0 0			
	Area Urica								
29	Cerro Pelado	Mene Grande	1951	151 61•	116.189 18.473•	33.502 5.326•	43 M	Capiricual	Oligoceno
30	La Vieja	Mene Grande	1950	299 121•	1.675.254 266.346•	327.440 52.059•	23 A	Merecure	Oligoceno
31	Quiamare	Mene Grande	1942	3.159 1.279•	5.568.893 885.388•	1.632.964 259.622•	39 P	Capiricual	Oligoceno
32	Tacata	Mene Grande	1952	49 20•	201.120 31.976•	75.060 11.934•	40 P	Carapita	Oligoceno

LINEA Nº	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES METROS *	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1955	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955 FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS	TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO	NOTAS
17	3000-4300 914-1311*	63	9	3	10	16	2	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
18	9000-12.500) 2743-3810*)	53	19	0	45	1	0	"	"	
	)	38	26	0	32	0	0			
	)	49	14	3	32	0	0			
	)	2	2	0	2	0	0			
19										
20										
21	9000-9100 2743-2774*	3	0	0	0	0	0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
22	7173-11.230) 2186-3423*)	9	0	0	1	0	0	Monoclinal con fallas	Sismo.y Geología de Superficie.	
	)	1	0	0	0	0	0			
	)	22	5	0	10	6	0			
23	4433-8790 1351-2679*	47	0	0	14	5	0	Anticlinal con fallas	Geología de superficie y de subsuelo	
		87	2	0	34	7	0			
		14	1	0	3	4	0			
24	6650-10.050 2027-3063*	70	7	1	31	10	1	Estratigráfica	Sismógrafo	
25	5300-9400) 1615-2865*)	67	10	1	37	4	0	Anticlinal con fallas	Geología de superficie	
	)	10	0	0	4	0	0			
26	5100-10.600 1554-3231*	72	19	1	49	2	0	"	Sismógrafo	
27	5700-7900 1737-2408*	35	3	1	14	3	0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
28										
29	3800-4500 1158-1372*	9	1	0	0	0	0	Estratigráfica	Sismógrafo	
30	2000-3000 610-914*	30	0	0	1	9	0	Estratigráfica	Perforación	
31	5200-9100 1585-2774*	28	2	0	16	0	0	Anticlinal con fallas	Sismógrafo	
32	7300-7400 2225-2256*	9	0	0	1	0	0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	

LINEA Nº	AREA - CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCUBRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	GRAVEDAD API TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
	Campos Inactivos								
33	La Ceiba	Mene Grande	1946	99 40*	254.847 40.518*				
	Area Linea Costanera La Pica								
34	Jusepín	Creole	1939	16.973 687*	159.523.161 25.362.307*	5.353.501 851.144*	32 A	(La Pica (Carapita	Mioceno Oligoceno
35	Manresa	Creole	1954	1.006 407*	209.401 33.292*	192.005 30.527*	18 A	(Las Piedras (Cretáceo	Plioceno Cretáceo
36	Santa Bárbara/Santa Bárbara S. Travieso/Tulata/Muri/Mata Grande Avipa	Sinclair	1941	11.665 4.723*	105.298.772 16.741.266*	6.442.244 1.024.241*	31-36 A	(La Pica	Mioceno
		Mene Grande		3.181 1.289*	28.721.717 4.566.615*	1.166.809 185.509*		(	
		Creole		3.545 1.435*	39.795.649 6.326.945*	1.792.795 285.033*		(	
		Pantepec		5.424 2.196*	35.693.474 5.674.943*	1.421.057 225.931*		(	
		Atlantic		40 16*	88.527 14.075*	0 0		(	
		Phillips	1946	1.060 429*	4.665.577 741.772*	713.062 113.368*	21-31 M	(	Mioceno
37	Tacat/Capacho	Atlantic	1953	1.877 760*	379.135 60.278*	258.065 41.029*	20 M	(La Pica	Mioceno
		Creole	1945	40 16*	7.032 1.118*	0 0		(	
	Area Mercedes								
38	Barbacoas	Atlantic	1950	100 40*	295 47*	Gas	Gas	La Pascua	Oligoceno
39	Lechoso	Atlantic	1947	200 81*	Gas	Gas	Gas	La Pascua	Oligoceno
40	Mercedes/Palacio/Belén/Guavinita	Las Mercedes	1941	15.291 6.187*	59.423.191 9.447.587*	8.717.352 1.385.956*	32 M	(La Pascua (Infante (La Cruz	Oligoceno Cretáceo
41	Piragua/Punzón/Grico	Las Mercedes Texas	1946	462 187*	428.668 68.150*	117.172 18.629*	29-45 M	(La Pascua (Koteada	Oligoceno Cretáceo
42	Placer	Atlantic	1948	100 40*	Gas	Gas	Gas	Roblecito	Oligoceno
	Area Tucupido								
43	Bella Vista	Phillips	1952	3.740 1.514*	2.800.700 445.278*	1.216.024 193.334*	16-41 M	(Chaguaramas) (Roblecito) (La Pascua) (Cretáceo	Oligoceno Cretáceo
44	Dakoa 8 & 10	Las Mercedes	1951	371 150*	182.102 28.952*	155.207 24.676*	37 M	(Chaguaramas (La Pascua	Oligoceno
45	Ruiz	Atlantic	1949	3.868 1.566*	16.570.341 2.634.489*	2.403.501 382.128*	32 M	(Chaguaramas (La Pascua	Oligoceno
46	Sabán	Atlantic	1948	1.641 664*	8.853.772 1.407.646*	2.000.607 318.073*	36 P	Chaguaramas	Oligoceno
47	Tucupido/Tamán	Atlantic	1946	2.789 1.129*	20.097.146 3.195.210*	1.578.890 251.019*	35 P	Chaguaramas	Oligoceno
48	Valle-17	Las Mercedes	1955	136 55*	3.327 529*	3.327 529*	35 P	Chaguaramas	Oligoceno

LINEA Nº	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES METROS ●	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1955	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955			TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO	NOTAS
					FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS			
33										
34	3500-5100 1067-1554 ●	460	2	7	116	93	0	Estratigráfica	Sismógrafo y Perforación	
35	1600-3000 488-914 ●	4	3	1	1	1	0	Estrat. y Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
36	4000-7430 1219-2265 ●	261	27	4	71	148	5	Monoclinal con fallas & Estratigráfica	Sismógrafo	
		133	4	0	28	40	1			
		122	2	3	16	37	0			
		143	4	0	20	66	0			
		1	0	0	0	0	0			
	4300-5050 1311-1539 ●	72	24	0	12	32	4	Monoclinal con fallas y Estrat.	Perforación Estructural	
37	1620-4398 494-1341 ●	35	16	1	0	14	0	Estratigráfica	Sismógrafo	
		5	0	0	0	0	0			
38	5965-6210 1818-1893 ●	1	0	0	0	0	1	Domo con fallas	Sismógrafo	
39	4770-4860 1439-1481 ●	2	0	0	0	0	2	Fallada	Sismógrafo	
40	3500-6300 1067-1320 ●	525	34	10	138	96	10	Fallada	Sismógrafo	
41	3000-4500 914-1372 ●	50	0	7	3	0	3	Fallada	Sismógrafo	
42	6035-6050 1839-1844 ●	1	0	●	0	0	1	Estratigráfica	Sismógrafo	
43	1850-4750 564-1448 ●	78	20	0	20	36	12	Nariz con fallas	Sismógrafo	
44	3000-5900 914-1798 ●	24	5	5	6	0	0	Estrat. y fallas	Sismo. y Perf. Estruct.	
45	1580-4500 482-1372 ●	61	0	0	29	31	2	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
46	835-4872 255-1485 ●	148	8	5	25	25	2	Estratigráfica	Perforación	
47	2275-6472 693-1973 ●	99	1	0	9	14	3	Estratigráfica	Perforación	
48	5700-6300 1737-1920 ●	8	3	5	1	0	0	Estratigráfica	Perforación	

LINEA Nº	AREA - CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCU-BRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	GRAVEDAD Aº TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
	Campos Inactivos								
49	Monal	Atlantic	1951	[illegible] 32*	[illegible].832 75[illegible]*				
	Area Temblador								
50	Temblador	Creole	1936	5.867 2.373*	50.264.411 7.934.[illegible]*	3.058.710 486.279*	20 A	Oficina	Oligoceno
51	Tucupita/Los Caritos	Texas	1940	1.514 613*	[illegible].026.580 [illegible].501.[illegible]*	2.114.542 336.[illegible]*	(16 A	(Oficina	Oligoceno
		Creole		287 116*	2.975.[illegible] .73.[illegible]01*	712.375 11.310*	(	(	
	Campos Inactivos								
52	Pilón bate	Creole	1953	612 248*	640 102*				
53	Pilón	Creole	1937	11.062 4.479*	36.[illegible]21 [illegible]*				
54	Uracoa/Tabasca	C	1937	1.120 453*	[illegible] 7.[illegible]*				
	Area Norte del Delta								
55	Orocual	Shell	1933	[illegible] 350*	205.112 32.610*	162.571 25.867*	27 M	Las Piedras	Plioceno Mioceno
56	Pedernales	Creole	1933	2.827 1.145*	35.751.007 5.683.900*	3.735.300 593.869*	21 A	La Pica	Mioceno
57	Quiriquire	Creole	1928	17.830 7.219*	478.613.862 76.[illegible]*	23.937.929 3.[illegible]*	16 A	Quiriquire Sorano	Plioceno Mioceno [illegible]
	Campos Inactivos								
58	Guanipa	Creole	1956	77 31*	1.097 174*				
59	Guanoco		1913		1.719.[illegible] 273.291*	0 0*			
60	Otras Areas				[illegible] [illegible]*	[illegible] 3.776*			
61	Total Este de Venezuela			332.[illegible] 134.549*	2.282.[illegible]32.972 [illegible]*	226.[illegible] 36.[illegible]*			

LINEA N°	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES METROS *	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1955	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955 FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS	TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO *	NOTAS
49										
50	3700-3900 1128-1189 *	127	0	0	60	4	1	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
51	5400-5500) 1646-1676 *)	42	0	0	30	0	0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
	)	7	0	0	7	0	0			
52										
53										
54										
55	1900-5500 579-1676 *	17	1	2	5	0	0	Sinclinal	Geología de superficie	
56	4900-5100 1494-1554 *	46	0	0	17	0	0	Anticlinal con fallas	Geología de superficie	
57	1200-9000 366-2743 *	618	23	2	0	468	0	Estratigráfica	Resumidero	
58										
59										
60										
61		6.067	444	79	1.777	1.790	59			

LINEA Nº.	AREA - CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCUBRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1.955 BARRILES MTS CUBICOS *	GRAVEDAD API TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
	OESTE DE VENEZUELA Campos del Distrito Bolívar.								
62	Incluyendo Lagunillas, Tía Juana, Bachaquero, Cabimas, Pueblo Viejo, Lagomar y Punta Benítez.	Creole	1917	182.418 73.853*	3.013.286.400 479.077.161*	286.433.065 45.539.487*	11-32 A	(Lagunillas) (La Rosa)	Mioceno
		Shell		97.120 39.320*	1.650.079.335 262.346.071*	135.739.173 21.580.932*		(Icotea) (Eoceno)	Oligoceno Eoceno
		Mene Grande		9.129 3.696*	569.286.243 90.509.818*	13.023.369 2.070.563*		( ) ( )	
63	Boscán	Richmond	1946	28.390 11.494*	54.120.388 8.604.505*	16.409.281 2.608.883*	10 A	Icotea Boscán	Oligoceno Eoceno
		Shell		494 200*	15.006 2.386*	647 103*			
64	Cumarebo	Creole	1931	877 355*	51.258.199 8.149.451*	1.618.418 257.309*	47 P	Socorro) Caujaro)	Mioceno
65	Ensenada	Richmond	1946	80 32*	538.438 85.605*	49.217 7.825*	57 P	Concepción	Eoceno
66	Hombre Pintado	Talón	1927	130 53*	5.656.998 899.396*	153.454 24.397*	27 P	Agua Clara	Oligoceno
67	La Concepción	Shell	1925	4.559 1.846*	51.441.600 8.178.613*	4.961.699 788.852*	36.7 P	Eoceno Cretáceo	Eoceno Cretáceo
68	La Paz	Shell	1925	29.094 11.779*	440.855.136 70.090.792*	36.912.363 5.868.630*	33 M	Eoceno Paleoceno Cretáceo Basamento	Eoceno Paleoceno Cretáceo
69	Las Cruces (Incl.El Cubo)	Colón(Shell)	1916	2.162 875*	82.750.485 13.156.354*	1.576.676 250.673*	31 M	Carbonera) Mirador) Angostura)	Paleoceno Eoceno
70	Los Manueles	Colón(Shell)	1927	827 335*	44.382.795 7.056.341*	481.084 76.481*	31 M	Carbonera) Mirador) Angostura)	Eoceno
71	Mamón	Texas	1926	170 69*	629.160 100.029*	59.545 9.467*	35 M	Uramaco	Mioceno
72	Mara (Incl. Moján)	Shell	1945	1[illegible].639 5.117*	115.575.276 18.375.110*	18.[illegible]5.492 2.[illegible]73.791*	26-30 M	(Guasare (La Luna	Paleoceno)
		Creole		3.197 1.294*	37.944.658 6.032.754*	3.012.187 479.902*		(Capacho (Apón	Cretáceo)
		Mene Grande		3.493 1.414*	24.938.128 3.964.869*	2.748.032 436.905*		(Basamento (	Basamento)
		Texas		4.644 1.880*	[illegible]14.803 6.473.175*	10.283.620 1.634.975*		((	)
73	Mene de Mauroa (Incl. Media)	Talón	1921	1.300 526*	27.363.685 4.350.504*	463.195 73.643*	37 P	La Puerta Agua Clara	Mioceno Oligoceno
74	Mene Grande.	Shell	1914	11.735 4.751*	439.475.907 69.871.501*	15.622.957 2.483.866*	18 M	Mioceno Eoceno	Mioceno Eoceno
75	Motatán	Creole	1952	5.469 2.214*	1.473.803 234.317*	1.027.059 163.290*	22 M	Paují	Eoceno
76	Sibucara	Shell	1948	9.125 3.694*	22.166.648 3.524.236*	2.801.384 448.567*	38 P	Cretáceo	Cretáceo
77	Silvestre	Socony	1948	2.200 891*	267.682 42.558*	77.458 12.315*	26 M	Cretáceo	Cretáceo

LINEA N°	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES METROS *	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1955	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955			TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO	NOTAS
					FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS			
62	370-9000 112-2743°	2.158	101	9	789	623	0	Monoclinal con fallas	Resumidero	
		4.539	266	2	166	3.341	3	y Estratigráfica		
		862	11	0	13	342	1			
63	6000-8800 1829-2682°	186	53	0	0	73	0	Anticlinal Monoclinal	Sismógrafo Geo. de Superficie	
		8	0	0	0	0	0	y Discordancia		
64	600-2900 183-884°	165	3	4	10	32	0	Anticlinal con fallas	Geología de Superficie	
65	7800 2377°	6	0	0	1	0	0	"	Estudio del subsuelo	
66	800-1800 244-549°	57	0	0	0	26	0	"	Geología de superficie	
67	380-1300 116-396°	181	19	0	11	74	0	"	"	
68	95-11400 29-3475°	163	6	0	25	61	0	"	Resumidero	
69	300-8000 91-2438°	195	1	0	1	90	0	"	"	
70	3400-5000 1036-1524°	40	0	0	10	8	0	Anticlinal	Geología de superficie	
71	3000-4000 914-1219°	16	0	1	0	0	0	Fallada	"	
72	2500-11000) 762-3353°)	52	4	0	14	14	0	Anticlinal con fallas	(Geología de (superficie	
	)	15	2	0	3	6	0		(Perf. Estruct. (Sismo. y	
	)	18	2	0	3	5	0		(Gravímetro (	
	)	19	2	0	9	0	0		((	
73	675-1400 206-[illegible]°	347	12	5	4	33	0	"	Geología de superficie	
74	1400-8000 427-2438°	782	12	1	3	467	0	"	Resumidero	
75		11	2	2	3		0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
76	12.300-14.700 3749-4481°	14	2	0	4	0	0	Terraza con falla	Geología de superficie	
77	9600-9800 [illegible]21-[illegible]°	11	3	0	1	0	0	Domo con fallas	Sismógrafo	

LINEA Nº.	AREA - CAMPO	COMPAÑIAS OPERADORAS	AÑO DESCUBRIMIENTO	AREA DE SUPERFICIE PROBADA ACRES HECTAREAS*	PRODUCCION CUMULATIVA FINES DE 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	PRODUCCION 1955 BARRILES MTS CUBICOS *	GRAVEDAD API TIPO A-ASFALTICO M-MEZCLADO P-PARAFINICO	NOMBRE DE LA FORMACION PRODUCTORA	EDAD DE LA FORMACION PRODUCTORA
78	Sinco	Sinclair	1953	398 161*	160.729 25.554*	87.436 13.901*	27 M	Eoceno Cretáceo	Eoceno Cretáceo
79	Tiguaje	Texas	1953	296 120*	384.872 61.190*	225.133 35.803*	29 M	Oligoceno	Oligoceno
80	Tarra Oeste (Incl. Tres Bocas)	Colón (Shell)	1947	6.138 2.485*	24,924.506 3.962.703*	5.323.397 846.358*	40.3 M	Paleoceno Cretáceo	Paleoceno Cretáceo
	Campos Inactivos:								
81	Amana	Atlantic	1928	40 16*	98.819 15.711*				
82	Mocoa	Richmond	1947	40 16*	13.553 2.155*				
83	Mene de Acosta	Tocuyo	1927	127 51*	778.077 123.705*				
84	Netick	Mene Grande	1929	32 13*	105.402 16.758*				
85	Quiroz	Shell	1951	0	3.398 540*				
86	Río de Oro	Shell	1915	0	102.950 16.368*				
87	San José	Richmond	1948	40 16*	7.434 1.182*				
88	Totumo	Shell	1917	0	24.260 3.857*				
89	Urumaco/Monte Claro	Richmond	1926	0	205.072 32.604*				
		Creole		0	375.272 59.664*				
90	Total Oeste de Venezuela			416.363 168.568*	6.701.423.185 1.065.447.477*	556.715.391 88.585.920*			
91	Total Venezuela			769.016 305.098*	8.982.[illegible]6.157 1.428.[illegible].429*	785.705.078 124.[illegible].484*			

LINEA N°	LIMITES DE PROFUNDIDAD DE PRODUCCION PIES METROS *	TOTAL DE POZOS PERFORADOS HASTA FINES DE 1955	NUEVOS POZOS COMPLETADOS PETROLEO O GAS, 1955	NUEVOS POZOS ABANDONADOS 1955	POZOS PRODUCTORES FINES DE 1955			TIPO DE TRAMPA	METODO DE DESCUBRIMIENTO	NOTAS
					FLUJO NATURAL	PRODUCCION ARTIFICIAL	GAS			
78	8400-9300 2560-2896*	11	5	2	9	0	0	Monoclinal con fallas	Sismógrafo	
79	2450-4500 747-1372*	36	4	3	0	0	0	Fallada	Geología de superficie	
80	4250-5500 1295-1676*	50	8	1	16	14	0	Anticlinal	Sismógrafo	
81										
82										
83										Agotmdo
84										
85										No comercial
86										No comerciel
87										
88										
89										
90		9.940	518	30	1.095	5.214	4			
91		16.007	962	109	2.870	7.004	63			

BIBLIOGRAFÍA

AGUERREVERE, P. I. "*Geology of the Venezuelan oilfields*". 8th. Am. Sci. Cong., U. S. A. 1940, Pr., Vol. 4, 1942, pp. 609-619.

AGUERREVERE, S. E. y ZULOAGA, G. "*Observaciones geológicas en la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 1, No. 2-4, 1937, pp. 3-22.

— "*Nomenclature of the formations of the central part of the Cordillera de la Costa*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 2, No. 2-4, 1938, pp. 257-260 (ed. en inglés).

— y LÓPEZ, V. M. "*Geología de la isla el Gran Roque y sus depósitos de fosfatos*", Bol. Geol y Min. (Venezuela), Vol. 2, No. 2-4, 1939, pp. 151-180.

— y LÓPEZ, V. M., DELGADO, C. y FREEMAN, C. A. "*Exploración de la Gran Sabana*", Rev. de Fomento (Venezuela), Vol. 3, No. 19, 1939, pp. 501-542, 632-729.

ANDERSON, J. L. "*Petroleum geology of Colombia, South America*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 29, No. 8, 1945, pp. 1065-1142.

BORGER, H. D. "*Case history of Quiriquire field, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 36, No. 12, 1952, p. 2291-2330.

BUCHER, W. H. "*Geologic structure and orogenic history of Venezuela*", Geol. Soc. Am., Mem. 49, 1952, 113 pp.

BÜRGL, H., BARRIOS, M. y ROSTROM, A. M. "*Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Seco, Dpto. del Atlántico, Colombia*", Bol. de Geol. (Colombia), Vol. 3, No. 1, 1955, pp. 1-114.

BUTLER, J. W., BAILEY, D. G. F., BILLARD, J. W., DOBBEL, C., MOORE, B. N., POCOCK, A. F., SLATON, R. L. y TRIBBEY, R. B. "*Recent application of reservoir treatment in Venezuela*", 4th. World Petrol. Cong., Italy, 1955.

CIZANCOURT, H. DE "*Tectonic structure of northern Andes in Colombia and Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 17, No. 3, 1933, pp. 221-226.

CIZANCOURT, H. DE. "*Tectonic structure of northern Andes in Colombia and régions caraïbes*", Soc. Géol. de France, Bull., 5 sér., Vol. 18, 1948, pp. 663-674.

DENGO, G. "*Geología de la región de Caracas*", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 1, No. 1, 1951, pp. 39-116.

— "*Geology of the Caracas region, Venezuela*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 64, No. 1, 1953, pp. 7-40.

DUFOUR, J. "*Some oil-geological characteristics of Venezuela*", 4th. World Petrol. Cong., Pr., (en imprenta), 1955.

DUSENBURY, A. N. y WOLCOTT, P. P. "*Rocas metamórficas cretácicas en la Cordillera de la Costa, Venezuela*", Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol., Bol., Vol. 1, No. 1, 1949, pp. 17-26.

EARDLEY, A. J. "*Tectonic relations of North and South America*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 38, No. 5, 1954, pp. 707-773.

ENGLEMAN, R. "*Geology of Venezuelan Andes*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 19. No. 6, 1935, pp. 769-792.

EVANOFF, J. "*Geología de la región de Altagracia de Orituco*", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 1, No. 3, 1951, pp. 237-264.

FEO-CODECIDO, G. "*Notas petrológicas sobre formaciones que afloran en la región de El Baúl, Estado Cojedes*", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 3, No. 8, 1955, pp. 109-121.

FUNKHOUSER, H. J., SASS, L. C. y HEDBERG, H. D. "*Santa Ana, San Joaquín, Guario and Santa Rosa oil fields (Anaco fields), central Anzoátegui, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, No. 10, 1948. pp. 1851-1908.

GANSSER, A. "*The Guiana shield (S. America). Geological observations*", Eclog. Geol. Helv., Vol. 47, No. 1, 1954, pp. 77-112.

GERTH, H. "*Geologie Südamerikas*" (II parte), publicado en "Geologie der Erde", Gebr. Bornträger, Berlin, 1935, pp. 201-389.

— "*Der Geologische Bau der Südamerikanischen Kordillere*", Gebr. Bornträger, Berlin, 1955, 264 p.

GONZÁLEZ DE JUANA, C. "*Geología general y estratigrafía de la región de Cumarebo, Estado Falcón*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 1, No. 2-4, pp. 197-217. Ed. en inglés, 1938, pp. 187-208.

— "*Contribución al estudio de la cuenca sedimentaria Zulia-Falcón*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 2, No. 2-4, 1938, pp. 123-138.

— "*Elements of diastrophic history of northeastern Venezuela*". Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 58, No. 8, 1947, pp. 689-702.

— "*Introducción al estudio de la geología de Venezuela*, Capítulo I: Geología de los Andes Venezolanos y de la subcuenca del Lago de Maracaibo; Capítulo II: Las formaciones paleozoicas de Venezuela occidental", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 1, No. 1, 1951a, pp. 117-140.

— "*Introducción al estudio de la geología de Venezuela*, Capítulo III: Las formaciones mesozoicas en los Andes venezolanos y en la subcuenca del Lago de Maracaibo; Capítulo IV: El Paleoceno en la subcuenca del Lago de Maracaibo", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 1, No. 2, 1951b, pp. 195-216.

— "*Introducción al estudio de la geología de Venezuela*, Capítulo V: Las formaciones Eoceno en los Andes venezolanos y en la subcuenca del Lago de Maracaibo", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 1, No. 3, 1951c, pp. 265-287.

— "*Introducción al estudio de la geología de Venezuela*, Capítulo VII: El Mioceno en la subcuenca del Lago de Maracaibo; Capítulo VIII: El Plioceno y el Cuaternario en la subcuenca del Lago de Maracaibo", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 2, No. 5, 1952a, pp. 311-330.

GONZÁLEZ DE JUANA, C. "*Introducción al estudio de la geología de Venezuela, Capítulo IX: Nociones de tectónica andina y de la subcuenca del Lago de Maracaibo*", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 2. No. 6. 1952b. pp. 407-416.

— y AGUERREVERE. S. E. "*Informe geológico de parte de los depósitos de carbón del Río Naricual*". Bol. Geol. y Min. (Venezuela). Vol. 2, No. 1. 1938, pp. 5-32.

— y PONTE, R. L. "*Fundamental geological characteristics of the Venezuelan oil basins*", 3th. World Petrol. Cong., Pr., Section I, 1951, pp. 41-53.

HASS, M. W. y HUBMAN. R. G. "*Notas sobre la estratigrafía de los campos costaneros del Distrito Bolívar, cuenca de Maracaibo, Venezuela*". Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 1. No. 2-4. pp. 123-164. Ed. en inglés. 1937. pp. 115-158.

HALSE, G. W. "*Hombre Pintado, Venezuela*". Inst. Petrol. Tech., Jour., Vol. 28, No. 218, 1942, pp. 36-40.

— "*Oil fields of West Buchivacoa, Venezuela*". Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 31, No. 12, 1947, pp. 2170-2192.

HEDBERG, H. D. "*Stratigraphy of the Río Querecual section of northeastern Venezuela*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 48. No. 12. 1937. pp. 1971-2024.

— "*Mesozoic stratigraphy of northern South America*". 8th. Am. Sci. Cong., U. S. A. 1940, Pr., Vol. 4, 1942, pp. 195-227.

— "*Geology of the eastern Venezuela basin (Anzoátegui-Monagas-Sucre-eastern Guárico portion)*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 61, No. 11, 1950, pp. 1173-1216.

— y PYRE. A. "*Stratigraphy of northeastern Anzoátegui, Venezuela*". Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., Vol. 28. No. 1. 1944. p. 1-28. Reimpreso en: Rev. de Fomento (Venezuela), Vol. 6, No. 55, pp. 9-48.

— y SASS, L. C. "*Sinopsis de las formaciones geológicas de la parte occidental de la cuenca de Maracaibo, Venezuela*". Bol. Geol. y Min. (Venezuela). Vol. 1, No. 2-4, 1937, pp. 77-120.

— y FUNKHOUSER, H. J. "*Oil fields of the Greater Oficina area, central Anzoátegui, Venezuela*". Am., Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 31. No. 12: 1947 pp. 2089-2169.

HERRERA-FIGUEREDO, L. "*Características del desarrollo de los campos petroleros en Venezuela-Pedernales*". Rev. de Fomento (Venezuela), Vol. 2. No. 7, 1938a, pp. 5-9.

— "*Características del desarrollo de los campos petroleros en Venezuela—Campo Temblador*", Rev. de Fomento (Venezuela), Vol. 2. No. 8, 1938b. pp. 36-41.

HESS, H. H. "*Gravity anomalies and island arc structure with particular reference to the West Indies*". Am. Philos. Soc., Pr., Vol. 79. No. 1, 1938, pp. 71-96.

— "*Investigaciones geofísicas y geológicas en la región del Caribe*". Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol. Bol., Vol. 2, No. 1, 1950, pp. 5-22.

HESS, H. H. y MAXWELL, J. C. "*Geological reconnaissance of the Island of Margarita*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 60, No. 12, 1949, pp. 1857-1868.

HOFFMEISTER, W. S. "*Aspecto y división en zonas de la fauna de moluscos en las formaciones La Rosa y Lagunillas, campos costaneros de Bolívar, Venezuela*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela). Vol. 2, No. 2-4, 1938, pp. 103-122.

HOPKINS, E. B. y WASSON, H. J. "*Geologic and economic notes on Venezuelan oil developments*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 13, No. 9, 1929, pp. 1187-1209.

HUNTER, C. M. "*Oilfields of the Maracaibo basin*", Inst. Petrol. Tech., Jour., Vol. 12, No. 56, 1926, pp. 235-246, Discussion: pp. 246-256.

KAMEN-KAYE, M. "*Ortiz sandstone*". and Guarumen sandstone group of north-central Venezuela", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 26, No. 1, 1942, pp. 126-133.

KUGLER, H. G. "*Jurassic to Recent sedimentary enviroments in Trinidad*", Assoc., Suisse des Géol. et Ing. du Petrole, Bull., Vol. 20, No. 59, 1953, pp. 27-60.

KÜNDIG, E. "*Las rocas pre-Cretáceas de los Andes centrales de Venezuela con algunas observaciones sobre su tectónica*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 2, Nos. 2-4, 1938, pp. 21-43.

KUYL, O. S., MULLER, J. y WATERBOLK, H. TH. "*The aplication of palynology to oil geology with reference to western Venezuela*", Geologie én Mijnbouw, nr. 3, New Series, Vol. 17, 1955, pp. 49-76.

LIDDLE, R. A. "*The geology of Venezuela and Trinidad*", 2nd. Ed., Paleont. Res. Inst., Ithaca, New York, 1946, 890 p.

LÓPEZ, V. M., MENCHER, E. y BRINEMAN, J. H., JR. "*Geology of southeastern Venezuela*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 53, No. 6, 1942, pp. 849-872.

MAKENZIE, A. N. "*Sección geológica de la región de Barinas: Distrito Barinas, Bolívar y Obispos del Estado Barinas, Venezuela*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 1, Nos. 2-4, 1937, pp. 267-284.

MANGER, G. E. "*Notas adicionales sobre la estratigrafía de las formaciones del Terciario superior de la región costanera del Distrito Bolívar, Estado Zulia*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 2, Nos. 2-4, 1938, pp. 57-81.

MARTORANO, J. B., VÁZQUEZ, S. M. y HERRERA, F. L. "*Oil and gas conservation in Venezuela*", 4th. World Petrol. Cong. Italy, 1955.

MAXWELL, J. C. y DENGO, G. "*Geología del área de Carúpano*", Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol., Bol., Vol. 2, No. 1, 1950, pp. 149-162.

MEDINA OLIVIERI, F. "*Descripción de los campos petroleros del occidente del Estado Falcón*", Rev. de Fomento (Venezuela). Vol. 4, No. 48, 1942, pp. 17-41.

MENCHER, E., FICHTER, H. J., RENZ, H. H. WALLIS, W. E., PATTERSON, J. M. y ROBIE, R. H. "*Resumen geológico*", Capítulo I, 1951. pp. 1-80, en: "Texto de las monografías presentadas en la Convención Nacional del Petróleo",

Oficina Técnica de Hidrocarburos, Ministerio de Minas e Hidrocarburos (Venezuela). (También ed. en inglés.)

— "*Geology of Venezuela and its oil fields*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 37, No. 4, 1953, pp. 690-777.

MOORE, E. L. y SHIELDS, J. A. "*Chimire fields, Anzoátegui, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 36, No. 5, 1952, pp. 857-877.

MILLER, J. B., EDWARDS, K. L., WOLCOTT, P. P., ANISGARD, H. W., MARTIN, R. y ANDEREGG, H. "*Habitat of oil in the Maracaibo basin, Venezuela*", Trabajo presentado ante la Asamblea de la Am. Assoc. Petrol. Geol., New York, en marzo de 1955 (en imprenta), 1955.

NELSON, W. L., THERY FOMBONA, G., MEDINA OLIVIERI, F., PRADO C., J. L. y MILA DE LA ROCA, B. "*Venezuelan crude oils*", *Ministerio de Minas e Hidrocarburos*, Caracas, 1951.

NOTESTEIN, F. B., HUBMAN, C. W. y BOWLER, J. W. "*Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 55, No. 10, 1944, pp. 1165-1216.

OLSSON, A. A. "*Some tectonic interpretations of the geology of northwestern South America*", 8th. Am. Sci. Cong., Pr., Vol. 4, 1940a, pp. 401-416.

— "*Tertiary deposits of northwestern South America and Panamá*", 8th. Am. Sci. Cong., Pr., Vol. 4, 1940b, pp. 231-288.

OPPENHEIM, V. "*The structure of Colombia*", Am. Geophys. Union, Tr., Vol. 33, No. 5, 1952, pp. 739-748.

PASSEGA, R. "*Sedimentary trends, Colorado member of Oficina formation, San Roque, Anzoátegui, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 37, No. 2, 1953, pp. 331-339.

— "*Turbidity currents and petroleum exploration*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 38, No. 9, 1954, pp. 1871-1887.

PATTERSON, J. M. y WILSON, J. G. "*Oil fields of Mercedes region Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 37, No. 12, 1953, pp. 2705-2733.

PAYNE, A. L. "*Cumarebo oil field, Falcón, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 35, No. 8, 1951, pp. 1850-1878.

PETTERS, V. "*Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia*", Jour. Paleont., Vol. 29, No. 2, 1955, pp. 212-225.

PROBST, D. A. "*Stratigraphic studies, Greater Oficina, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 37, No. 9, 1953, pp. 2073-2092.

REGAN, J. H. "*Notas geológicas sobre el campo petrolero de Quiriquire, Distrito Piar, Estado Monagas*", Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 2, Nos. 2-4, pp. 185-200. Ed. en inglés, 1938, pp. 187-201.

RENZ, H. H. "*Stratigraphy of northern South America, Trinidad and Barbados*", 8th. Am. Sci., Cong., U. S. A. 1940, Pr., Vol. 4, 1942, pp. 513-571.

— "*Stratigraphy and fauna of the Agua Salada group, State of Falcón, Venezuela*", Geol. Soc. Am., Mem. 32, 1948, 219 p.

RENZ, H. H. "*Some Upper Cretaceous and Lower Tertiary foraminifera from Aragua and Guárico, Venezuela*", Micropaleontology, Vol. 1, No. 1, 1955, pp. 52-71.

— "*Stratigraphy and geological history of eastern Venezuela*", (en imprenta), 1956.

—, ALBERDING, H., DALLMUS, K. F., PATTERSON, J. M., ROBIE, R. H., WEISBORD, N. E. y MAS VALL, J. "*The eastern Venezuelan basin*", (en imprenta). 1956.

ROD, E. "*Trilobites in "metamorphic" rocks of El Baúl, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 39, No. 9, 1955, pp. 1865-1869.

— y MAYNC, W. "*Revision of Lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 38, No. 2, 1954, pp. 193-283.

RUBIO, E., MARTIN BELLIZZIA, C., BELLIZZIA, A. y LAFOREST, R. "*Geología, paragénesis y reservas de los yacimientos de hierro de Imataca en Venezuela*", en: "Symposium sur les gisements de fer du monde", XIX Congrés Geologiques International (Alger). Vol. 1, 1952, pp. 477-498. Reimpreso en Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 3, No. 7, pp. 1-38.

RUTTEN, L. "*New data on the smaller islands north of Venezuela*". Konin. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Pr., Vol. 43, No. 7, 1940a, pp. 820-827.

— "*On the geology of Margarita, Cubagua and Coche, (Venezuela)*", Konin. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Pr., Vol. 43, No. 7, 1940b, pp. 828-841.

SCHAUB, H. P. "*Outline of sedimentation in Maracaico basin, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, No. 2, 1948a, pp. 215-227.

— "*Geological observations on Curacao, N. W. I.*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, No. 7, 1948b, pp. 1275-1291.

SENN, A. "*Paleogene of Barbados and its bearing on history and structure of Antillean-Caribbean region*". Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 24, No. 5, 1940, pp. 1548-1610.

SMITH, J. E. "*Venezuelan oil field waters*". Am. Assoc. Petrol., Geol., Bull., Vol. 15, No. 8, 1931, pp. 895-909.

— "*The Cretaceous limestone producing areas of the Mara and Maracaibo Districts, Venezuela*", 3th. World Petrol. Cong., The Hague, Pr., Section I, 1951, pp. 56-71.

SMITH, R. J. "*Geología de la región Los Teques-Cúa*". Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 2, No. 6, 1952, pp. 333-406.

— "*Geology of the Los Teques-Cúa region*". Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 64, No. 1, 1953, pp. 41-64.

STAFF OF CARIBBEAN PETROLEUM COMPANY "*Oil fields of Royal-Dutch Shell group in western Venezuela*". Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, No. 4, 1948, pp. 517-628.

SUTER, H. H. "*El Mene de Acosta field, Falcón, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 31, No. 12, 1947, pp. 2193-2206.

SUTTON, F. A. "*Geology of Maracaibo basin, Venezuela*", Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 30, No. 10, 1946, pp. 1621-1741.

TASH, G. E. "*Estratigrafía y paleontología de Mene Grande y sus cercanías*" Bol. Geol. y Min. (Venezuela), Vol. 1, Nos. 2-4, pp. 167-180. Ed. en inglés, 1937, pp. 160-172.

TERCIER, J. "*Depots marins actuels et séries géologiques*", Eclog. Geol. Helv., Vol. 32, No. 1, 1939, pp. 47-100.

VARIOS AUTORES, "*Text of papers presented at the National Petroleum Convention, Caracas, Venezuela*, September 9-18, 1951". Technical Office of Hidrocarbons of Ministry of Mines and Hydrocarbons.

VARIOS AUTORES, *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, (en imprenta).

VON DER OSTEN, E. "*Geología de la región de la bahía de Santa Fé, Estado Sucre*", Bol. de Geol. (Venezuela), Vol. 3, No. 8, 1955, pp. 123-211.

WOODRING, W. P. "*Caribbean land and sea through the ages*", Geol. Soc. Am., Bull., Vol. 65, No. 8, 1954, pp. 719-732.

ZULOAGA, G. "*General geological report on the oilfields of Venezuela*", 2nd. World. Petrol. Cong., París, 1937, Vol. I, pp. 319-326.

INDICE DE AUTORES DEL TOMO IV

Se terminó la impresión del Tomo IV (América del Sur y Antillas) del Symposium sobre Petróleo y Gas del XX Congreso Geológico Internacional, en las prensas de la Editorial Stylo, el 30 de agosto de 1956.